

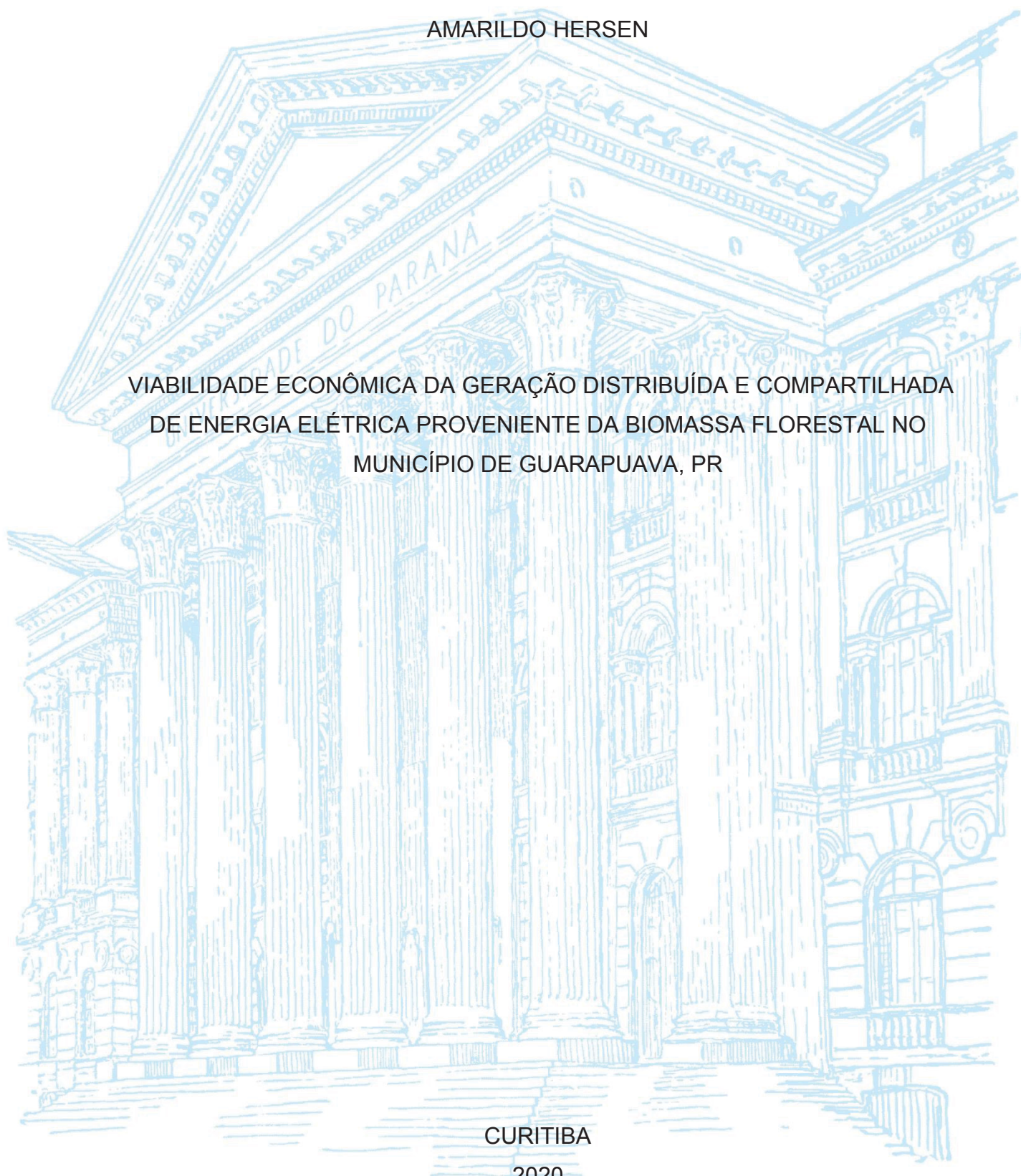
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMARILDO HERSEN

VIABILIDADE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA
DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE DA BIOMASSA FLORESTAL NO
MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA, PR

CURITIBA

2020



AMARILDO HERSEN

VIABILIDADE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA
DE ENERGIA ELÉTRICA PROVENIENTE DA BIOMASSA FLORESTAL NO
MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA, PR

Tese apresentada à linha de Economia, Administração e Política Florestal, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Romano Timofeiczky Junior
Coorientador: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Jandir Ferrera de Lima
Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Garzel Leodoro da Silva

CURITIBA

2020

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Hersen, Amarildo

Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica proveniente da biomassa florestal no município de Guarapuava, PR / Amarildo Hersen. - Curitiba, 2020.

148 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Romano Timofeiczuk Junior

Coorientadores: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva; Jandir Ferrera de Lima

Prof. Dr. João Carlos Garzel Leodoro da Silva

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 03/09/2020. Área de concentração: Economia e Política Florestal.

1. Biomassa florestal - Aspectos econômicos - Guarapuava (PR).
2. Indústria madeireira - Guarapuava (PR). 3. Biocombustíveis. 4. Geração distribuída de energia elétrica. 5. Teses. I. Timofeiczuk Junior, Romano.
II. Silva, Dimas Agostinho da. III. Lima, Jandir Ferrera de. IV. Silva, João Carlos Garzel Leodoro da. V. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. VI. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.548(816.2)

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **AMARILDO HERSEN** intitulada: **Viabilidade Econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica proveniente da biomassa florestal no município de Guarapuava, PR.**, sob orientação do Prof. Dr. ROMANO TIMOFEICZYK JUNIOR, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 03 de Setembro de 2020.

Assinatura Eletrônica

04/09/2020 14:27:32.0

ROMANO TIMOFEICZYK JUNIOR

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

04/09/2020 17:18:21.0

RICARDO JORGE KLITZKE

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

04/09/2020 14:36:07.0

MARCOS ROBERTO KUHL

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE)

Assinatura Eletrônica

04/09/2020 14:11:24.0

AILSON AUGUSTO LOPER

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

04/09/2020 14:12:00.0

PHILIPPE RICARDO CASEMIRO SOARES

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA)

À minha esposa Lindamir.

Às minhas filhas Luana e Gabriela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus, pelo dom da vida e entusiasmo para cumprir mais uma importante etapa de minha vida acadêmica.

Ao CNPq pelo apoio financeiro e aos servidores da Universidade Federal do Paraná, UFPR, em especial aos da Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e da Biblioteca do CIFLOMA, que nunca mediram esforços para prontamente atender às inúmeras demandas que encaminhei.

Aos colegas do Programa que contribuíram, numa simples conversa ou discussão mais técnica e aprofundada, para aprimorar essa pesquisa.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal por partilhar do vasto conhecimento acumulado ao longo dos anos e possibilitar que todos que por ali passem “saíam melhor do que entraram”, como pessoa e como profissional.

Ao comitê orientador, que com olhar crítico e detalhado, promoveu inúmeros melhoramentos na pesquisa.

Ao professor Dr. Pedro José Steiner Neto por auxiliar enormemente na elaboração dos questionários e análises estatísticas realizadas.

Ao meu orientador Professor Dr. Romano Timofeiczky Junior e ao Professor Dr. Dimas Agostinho da Silva, pelo apoio e auxílio na resolução de diversas questões que surgiram ao longo da realização da pesquisa, desde a definição do tema até a sua versão final.

À Empresa de Engenharia A1, na pessoa do senhor Rodrigo Duarte, que subsidiou a pesquisa no tocante a questões técnicas e comerciais, subsídios essenciais para a realização da mesma.

Ao Sindicato das Indústrias de Madeira, Serrarias, Beneficiamentos, Carpintaria e Marcenaria, Tanoarias, Compensados e Laminados, Aglomerados e Embalagens de Guarapuava – SINDUSMADEIRA, por mostrar-se receptivo à realização da pesquisa, subsidiando com informações sobre o segmento e contatos com os empresários associados.

Por fim, aos empresários da indústria de produtos da madeira do município de Guarapuava que aceitaram o convite de participar da pesquisa, compartilhar informações de suas empresas e possibilitar que teoria e prática andem de mãos dadas, focando em um objetivo comum.

Ignorarei os obstáculos sob meus pés e mantereí meus olhos firmes nos objetivos acima de minha cabeça, pois sei que onde um deserto árido termina, a grama verde nasce. (OG MANDINO, 2001, p.50)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica por indústrias de produtos de madeira, utilizando como fonte a biomassa florestal. Os dados utilizados tiveram origem em pesquisa de campo, coletados com aplicação de questionário junto às indústrias do município de Guarapuava (PR) e fonte secundária. Em termos de método de pesquisa, se fez uso de combinação de métodos. A análise fatorial exploratória foi utilizada para redução do conjunto de variáveis em fatores. A adequação da análise fatorial foi auferida por meio da estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e teste de esfericidade de Bartlett. A extração do número de fatores se fez por meio de Análise dos Componentes Principais. O número de fatores foi determinado pelo critério de Kaiser e gráfico Scree e o método de rotação foi o ortogonal Varimax. A análise de conglomerados foi utilizada para determinar agrupamentos de empresas. Elaborou-se matriz de dissimilaridade por distância quadrática euclidiana, o algoritmo de agrupamento foi o hierárquico (método Ward), o número de agrupamentos foi determinado pela observação das variações percentuais de heterogeneidade e análise de dendrograma. Para a análise de viabilidade econômica, utilizou-se o Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Razão Benefício Custo e Pay-back descontado, com Taxa Mínima de Atratividade de 9%. Os resultados mostraram a existência de três diferentes agrupamentos de empresas, porém nem todos com perfil para participar de consórcio contratual para geração de energia elétrica. Identificou-se existência de viabilidade econômica na geração distribuída (GD) e compartilhada de energia elétrica, com uso de biomassa florestal (industrial) como combustível, contudo, entre os projetos estudados com potência de geração de 0,75MW, 1,00MW, 2,25MW e 2,50MW, apenas os dois maiores mostraram-se viáveis sob o ponto de vista econômico. Conclui-se que a isenção de ICMS sobre o consumo de energia elétrica possibilitaria viabilidade econômica para os projetos com potência igual ou inferior a 1MW, organizados sob forma de consórcio, dentro das características definidas na presente pesquisa.

Palavras-chave: Energia elétrica. Biomassa Florestal. Geração Distribuída. Geração Compartilhada. Guarapuava-PR.

ABSTRACT

This work aimed to analyze the economic viability in the distributed and shared generation of electric energy by industries of wood products, using forest biomass as a source. The data used came from field research, collected with the application of a questionnaire from industries in the municipality of Guarapuava (PR) and secondary source. In terms of research method, a combination of methods was used. Exploratory factor analysis was used to reduce the set of variables into factors. The adequacy of the factor analysis was assessed using Kaiser-Meyer-Olkin statistics (KMO) and Bartlett's sphericity test. The extraction of the number of factors was done through Principal Component Analysis. The number of factors was determined by the Kaiser criterion and Scree graph and the rotation method was the orthogonal Varimax. Cluster analysis was used to determine clusters of companies. A dissimilarity matrix was elaborated by Euclidean quadratic distance, the grouping algorithm was hierarchical (Ward method), the number of clusters was determined by observing the percentage variations of heterogeneity and dendrogram analysis. For the analysis of economic viability, the Net Present Value, Internal Rate of Return, Cost Benefit Ratio and discounted Pay-back were used, with a Minimum Attractiveness Rate of 9%. The results showed the existence of three different groupings of companies, but not all with the profile to participate in a contractual consortium for electricity generation. The existence of economic viability in distributed and shared generation was identified, with the use of forest (industrial) biomass as fuel, however, among the projects studied with a generation power of 0.75MW, 1.00MW, 2.25MW and 2.50MW, only the two largest ones proved to be economically viable. It is concluded that the exemption from ICMS on electricity consumption would enable economic viability for projects with power equal to or less than 1MW, organized in the form of a consortium, within the characteristics defined in this research.

Keywords: Electric power. Forest Biomass. Distributed generation. Shared Generation. Guarapuava-PR.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – BIOMASSA PARA FINS DE ENERGIA POR ORIGEM	36
FIGURA 2 – MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA POR DISTRITO	57
FIGURA 3 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	61
FIGURA 4 – ETAPAS DA ANÁLISE FATORIAL	62
FIGURA 5 – ETAPAS DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS	64
FIGURA 6 – DENDROGRAMA RESULTANTE DO MÉTODO WARD.....	85

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA NA CAPACIDADE NOMINAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL (%)	39
GRÁFICO 2 – UNIDADES CONSUMIDORAS (UCs) E POTÊNCIA INSTALADA (KW) NA GD COM USO DE BIOMASSA POR UNIDADE FEDERATIVA (2019)	43
GRÁFICO 3 – PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL NA BIOMASSA TOTAL UTILIZADA NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL (%).....	44
GRÁFICO 4 – PROJEÇÃO DO GASTO ACUMULADO COM ENERGIA ELÉTRICA PARA OS PROJETOS DO GRUPO A, COM E SEM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA	93
GRÁFICO 5 – PROJEÇÃO DO GASTO ACUMULADO COM ENERGIA ELÉTRICA PARA OS PROJETOS DO GRUPO B, COM E SEM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA	95
GRÁFICO 6 – EFEITO DESONERAÇÃO DO ICMS SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA VIABILIDADE DOS PROJETOS B1 e B2	100

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DECOMPOSIÇÃO DA GD CONFORME NORMAS E LEGISLAÇÃO BRASILEIRA	29
QUADRO 2 – DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE INTERESSE DA PESQUISA.....	58
QUADRO 3 – CLASSIFICAÇÃO DO PORTE DAS INDÚSTRIAS COM BASE NO NÚMERO DE PESSOAS OCUPADAS	60
QUADRO 4 – CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DE GERAÇÃO	67
QUADRO 5 – DETALHAMENTO DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS.....	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CAPACIDADE NACIONAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (2019).....	41
TABELA 2 – COMPONENTES DA TARIFA(*) DE ENERGIA ELÉTRICA INDUSTRIAL, 2011 e 2016.....	46
TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DO PORTE DAS EMPRESAS PESQUISADAS.....	80
TABELA 4 – COPRODUTO GERADO MENSALMENTE NAS INDÚSTRIAS E RESPECTIVO DESTINO	81
TABELA 5 – FATORES E NOMENCLATURAS	83
TABELA 6 – RESULTADO DO AGRUPAMENTO DAS EMPRESAS	87
TABELA 7 – CARACTERÍSTICAS DOS AGRUPAMENTOS DE EMPRESAS	87
TABELA 8 – DEFINIÇÃO DOS PROJETOS DE GERAÇÃO	89
TABELA 9 – GASTO MÉDIO MENSAL COM ENERGIA ELÉTRICA POR GRUPO DE PROJETO	91
TABELA 10 – RESULTADO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA POR PROJETO	96

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ACL	- Ambiente de Contratação Livre
ACR	- Ambiente de Contratação Regulada
ACP	- Análise dos Componentes Principais
AFC	- Análise dos Fatores Comuns
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
ANTT	- Agência Nacional de Transportes Terrestres
APE	- Autoprodutores
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEE	- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CMSE	- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNAE	- Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNPJ	- Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
COFINS	- Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	- Conselho Nacional de Política Fazendária
COPEL	- Companhia Paranaense de Energia
CPF	- Cadastro de Pessoa Física
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
EPPs	- Empresas de Pequeno Porte
FFE	- Fundo Federal de Eletricidade
FIRJAN	- Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
FND	- Fundo Nacional de Desestatização
FNE	- Fundo Nacional de Eletricidade
GD	- Geração Distribuída
GWh	- Gigawatt-hora
IBC	- Índice de Benefício/Custo
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBP	- Instituto Brasileiro das Indústrias de Pellets Biomassa e Briquete
ICMS	- Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPARDES	- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPTU	- Imposto Predial e Territorial Urbano
KMO	- Kaiser-Meyer-Olkin
kW	- Quilowatt

LC	- Lei Complementar
MAE	- Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MDL	- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MDF	- Medium Density Fiberboard
MEs	- Microempresas
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
MME	- Ministério de Minas e Energia
MW	- Megawatt
MWh	- Megawatt-hora
ONS	- Operador Nacional do Sistema Elétrico
P	- Potência do Sinal Elétrico
PASEP	- Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público
PCHs	- Pequenas Centrais Hidrelétricas
PIB	- Produto Interno Bruto
PIS	- Programa de Integração Social
PND	- Programa Nacional de Desestatização
PROINFA	- Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PROGD	- Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica
RGR	- Reserva Global de Reversão
RN	- Resolução Normativa
SEAB	- Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
SEBRAE	- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIN	- Sistema Interligado Nacional
TIR	- Taxa Interna de Retorno
TMA	- Taxa Mínima de Atratividade
UC	- Unidade Consumidora
VPL	- Valor Presente Líquido
WEC	- World Energy Council

LISTA DE SÍMBOLOS

- $>$ - Maior que
- km^2 - Quilômetro quadrado
- m^2 - metro quadrado
- $\%$ - Porcentagem
- Σ - Somatório de números

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO	20
3.2 AMBIENTES DE CONTRATAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	23
3.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA	25
3.3.1 Modalidades de compensação de crédito na micro e minigeração distribuída.	30
3.3.2 Questões conceituais e legais sobre consórcio de empresas	32
3.4 BIOMASSA FLORESTAL PARA FINS DE ENERGIA	35
3.4.1 Participação da biomassa florestal na geração de energia elétrica no Brasil...	40
3.4.2 Participação da biomassa florestal na GD de energia elétrica no Brasil	43
3.5 COMPETITIVIDADE DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA INDUSTRIAL DO BRASIL	45
3.6 ANÁLISE MULTIVARIADA.....	48
3.6.1 Análise Fatorial.....	48
3.6.2 Análise de Conglomerados	50
3.7 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	51
3.7.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	52
3.7.2 Valor Presente Líquido (VPL).....	53
3.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)	53
3.7.4 Índice Benefício Custo (IBC)	54
3.7.5 Período de Recuperação do Investimento (Pay-back)	54
3.7.6 Análise de Sensibilidade	55
4 MATERIAL E MÉTODOS	56
4.1 COLETA DE DADOS	56
4.1.1 Abrangência espacial do estudo e origem dos dados	56
4.1.2 Critério de definição das empresas participantes da pesquisa.....	58
4.1.3 Critério de identificação do porte das indústrias participantes.....	59
4.1.4 Levantamento de dados e procedimentos para coleta	60
4.2 PROCEDIMENTOS E ANÁLISES	61

4.2.1 Análise Fatorial.....	62
4.2.2 Análise de Conglomerados	63
4.2.3 Procedimentos para a análise de investimentos	65
4.2.4 Formação do fluxo de caixa para análise de investimentos	69
4.2.4.1 Saídas de caixa	69
4.2.4.2 Entradas de caixa	75
4.2.5 Métodos de análise de investimentos	76
4.2.6 Análise de sensibilidade	78
4.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	79
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
5.1 DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA PARA FINS DE ENERGIA.....	80
5.2 AGRUPAMENTOS DAS EMPRESAS NOS PROJETOS DE GERAÇÃO	81
5.2.1 Redução do número de variáveis a fatores	82
5.2.2 Agrupamentos das empresas.....	84
5.2.3 Os agrupamentos das empresas e os projetos de geração distribuída e compartilhada.....	89
5.3 GASTO COM ENERGIA ELÉTRICA DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DOS PROJETOS	90
5.3.1 Análise comparativa entre compra e geração de energia elétrica	92
5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS PROJETOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA DE ENERGIA ELÉTRICA	96
5.5 O IMPACTO DO ICMS NA VIABILIDADE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA	99
6 CONCLUSÕES	102
7 RECOMENDAÇÕES.....	104
REFERÊNCIAS.....	105
ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO	121
ANEXO 2 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR AGRUPAMENTO.....	124
ANEXO 3 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DAS INDÚSTRIAS ALOCADAS POR PROJETO PARA GERAÇÃO COMPARTILHADA.....	125
ANEXO 4 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS PROJETOS DE GERAÇÃO ...	126
ANEXO 5 – CICLO TÉRMICO RANKINE E COMPONENTES BÁSICOS (*)	127
ANEXO 6 – PROJETO PADRÃO PARA PLANTAS DE GERAÇÃO COM POTÊNCIA ENTRE 0,5MW- 2,5MW	128

ANEXO 7 – IDENTIFICAÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL MENSAL DOS PROJETOS.....	129
ANEXO 8 – ESTIMATIVA DE CONSUMO E GASTO COM COMBUSTÍVEL POR PROJETO	130
ANEXO 9 – PRODUÇÃO DE CAVACO NAS INDÚSTRIAS PESQUISADAS	131
ANEXO 10 – VALOR DO FRETE PARA TRANSPORTE DO CAVACO	132
ANEXO 11 – PROCEDIMENTOS DE ESTIMATIVA DE ENTRADA DE CAIXA	133
ANEXO 12 – EMPRESAS QUE ARCAM COM CUSTO DE DISPONIBILIDADE ..	134
ANEXO 13 – ESTIMATIVA DE ENTRADA DE CAIXA POR PROJETO.....	135
ANEXO 14 – COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE CAIXA	136
ANEXO 15 – MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO	137
ANEXO 16 – ADEQUAÇÃO DO USO DA ANÁLISE FATORIAL	138
ANEXO 17 – MATRIZ DE VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA.....	139
ANEXO 18 – SCREE PLOT	140
ANEXO 19 – MATRIZ DOS COMPONENTES APÓS ROTAÇÃO	141
ANEXO 20 – GASTO MÉDIO MENSAL COM ENERGIA ELÉTRICA DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DOS PROJETOS	142
ANEXO 21 – FLUXO DE CAIXA PROJETO A1 (2,25MW)	143
ANEXO 22 – FLUXO DE CAIXA PROJETO A2 (2,50MW)	144
ANEXO 23 – FLUXO DE CAIXA PROJETO B1 (0,75MW)	145
ANEXO 24 – FLUXO DE CAIXA PROJETO B2 (1MW)	146

1 INTRODUÇÃO

Biomassa florestal, para fins energéticos, é uma fonte primária de energia, não fóssil, que consiste em matéria orgânica de origem vegetal, contendo energia armazenada sob a forma de energia química (CORTEZ *et al.*, 2008). De acordo com Guerra e Eufrade Junior (2019), pode ser produzida em plantações florestais implantadas para essa finalidade ou a partir do aproveitamento de coprodutos gerados no processo de colheita (desbaste, toco, raiz) e processamento da madeira (serragem, costaneira, cavaco, maravalha, entre outros).

A biomassa florestal, somada a outras fontes de biomassa como a agropecuária, é responsável por aproximadamente 9% de toda a energia elétrica gerada no Brasil. Esse desempenho a coloca na quarta posição no quesito potência instalada, ficando atrás apenas das fontes hídrica, fóssil e eólica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019e).

Além da importância já alcançada pela biomassa florestal na geração de energia elétrica no Brasil, há expectativa de aumento na sua representatividade. Segundo a Indústria Brasileira da Árvore (2019), a área total de árvores plantadas no Brasil em 2012 era de 7,39 milhões de hectares, atingindo a marca de 7,83 milhões de hectares em 2018. À medida que há aumento da área de floresta plantada, há expectativa de aumento do volume de coprodutos florestais e da indústria florestal, para fins de geração de energia elétrica.

A importância conquistada pela biomassa florestal para a geração de energia elétrica no Brasil teve forte contribuição da indústria de celulose. Isso decorre do fato da energia elétrica gerada a partir da biomassa florestal mostrou maior concentração e capacidade de geração nestas indústrias, com uso do licor negro, comparativamente às outras indústrias do setor e outras fontes de biomassa florestal. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2019e), de toda a capacidade nominal de geração de energia elétrica com uso biomassa florestal 79,7% se dá a partir do coproduto licor negro, 13,6% a partir de coprodutos florestais e o percentual restante se refere a lenha, carvão vegetal e gás de alto forno.

A crescente participação do setor florestal na economia brasileira transcende o objetivo de produção do produto principal das indústrias do setor. Indústrias se diversificaram como, por exemplo, a indústria de polpa e papel ao direcionar esforços para a geração de energia elétrica, seja para o autoconsumo ou comercialização.

Dentre as finalidades de geração de energia elétrica por indústrias do setor está a busca por maior segurança energética e previsibilidade dos custos do insumo. Essas indústrias, classificadas como energo-intensivas, por consumirem grande quantidade de energia elétrica em seu processo de produção, são significativamente dependentes do insumo e, conseqüentemente, vulneráveis ao risco de crises energéticas e aumentos de preço.

Contudo, a prática de geração da energia elétrica não se deu com a mesma intensidade entre as menores indústrias do setor. Um importante passo para incentivá-las na geração de energia elétrica se deu com a publicação do Decreto nº 5.163/2004, que trata da geração distribuída de energia elétrica no Brasil e inclui a biomassa como uma das fontes incentivadas. Com a Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012, se tem o principal marco da geração distribuída de pequeno porte. Essa resolução estabelece as condições gerais para o acesso aos sistemas de distribuição de energia elétrica e institui o sistema de compensação no Brasil.

Como forma de aprimoramento e expansão da micro e minigeração distribuída no Brasil, a RN nº 482 foi atualizada pela RN nº 687/15 da ANEEL, ampliando período de compensação, o limite de potência instalada e detalhando as diferentes modalidades de geração distribuída, como a geração compartilhada.

Apesar dos citados estímulos legais e regulatórios, gerar a própria energia elétrica é uma preocupação nova para indústrias de menor porte do setor florestal, por estarem focadas na produção do seu produto principal, aquele que deu origem ao empreendimento. Além disso, a necessidade de realização de investimento e a incerteza do retorno são elementos que muitas vezes acabam limitando a adesão dos empresários aos estímulos lançados pelo poder público.

Entretanto, a geração compartilhada, uma das modalidades de Geração Distribuída, com implantação de consórcio de geração de energia elétrica, formado por indústrias locais, utilizando como fonte a biomassa florestal, pode ser uma alternativa para as menores indústrias do setor alcançarem maior segurança energética e previsibilidade dos custos do insumo, tal qual as grandes indústrias de papel e celulose, merecendo aprofundamento de estudo.

As indústrias de madeira têm potencial crescente para geração de energia elétrica a partir da biomassa florestal. O estímulo a projetos de geração distribuída com uso da biomassa florestal junto às menores indústrias do setor tende a propiciar melhor aproveitamento dos coprodutos, tanto da floresta plantada quanto da indústria

florestal, possibilitando não somente os benefícios internos à indústria do setor, mas também benefícios para os demais agentes econômicos.

Sob a ótica da espacialidade, no município de Guarapuava, onde a pesquisa foi realizada, a indústria da madeira é tradicional e de importância histórica para a região. O setor movimenta a indústria da região e as áreas de floresta plantada favorecem as atividades que têm como base a madeira, constituindo a principal atividade industrial no município (BRAVIN, 2011).

Sob o ponto de vista do sistema nacional e integrado de geração de energia elétrica, o estímulo à Geração Distribuída por menores indústrias do setor florestal é também um estímulo à descentralização da geração de eletricidade no país. O efeito direto percebido é a desoneração de investimentos em rede de transmissão de energia elétrica. Ressalta-se que um país de dimensões continentais deve buscar ações que promovam a geração distribuída de eletricidade, caso dessa pesquisa.

Por fim, sob a ótica ambiental, a contribuição da pesquisa se deu ao estímulo à utilização de fonte energética não fóssil, limpa e renovável. Com a baixa nos níveis dos reservatórios de água das hidroelétricas, realidade cada vez mais frequente no país, não são raras as vezes que o sistema nacional de geração de energia elétrica recorre ao acionamento de termelétricas, com uso de fonte não renovável de energia.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica por indústrias de produtos de madeira, utilizando como fonte a biomassa florestal.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as indústrias com aptidão para participar em consórcio de geração distribuída e compartilhada de energia elétrica;
- Análise de viabilidade econômica em geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para consórcio de indústrias, com uso de biomassa florestal;
- Avaliar o impacto do ICMS, incidente sobre o consumo de energia elétrica, na viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada dos projetos com indicadores menos otimistas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRO

Uma forte crise financeira atingiu o setor elétrico brasileiro no início da década de 1990. A crise decorreu de política governamental, por meio do achatamento sistemático das tarifas, na tentativa de conter as elevadas taxas de inflação. A principal consequência foi a queda da remuneração média do setor (GOLDENBERG; PRADO, 2003)

Assim, uma nova fase do setor de energia elétrica no Brasil se inicia em 1992, marcada por privatizações e reformas. A opção pela redução do papel do Estado faz o governo brasileiro lançar um abrangente programa de desestatização que tinha como objetivo buscar recursos de caixa para o tesouro nacional (CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL, 2019; LORENZO, 2001-2002).

De acordo com Bajay *et al.* (2018), os três eixos dessa reestruturação foram a segmentação das atividades de geração, transmissão e distribuição; a criação de um ambiente competitivo; e a proteção ao consumidor. A ideia básica foi separar o produto energia elétrica dos serviços de transmissão, distribuição e comercialização, na intenção de incentivar a competição nas atividades de geração e comercialização. O autor ressalta ainda que as atividades de transmissão e distribuição continuariam a ser tratadas como monopólios naturais, por se entender que não seria lógico ter diferentes redes de transmissão ou distribuição concorrendo nas mesmas regiões.

Mendes (2011) interpretou a reestruturação observando a composição dos demandantes e ofertantes de energia elétrica. Do lado da demanda de energia elétrica, os consumidores foram divididos entre consumidores cativos e consumidores livres. Já do lado da oferta, um novo tipo de agente de geração de eletricidade foi criado, conforme previsto na Lei nº 9.074 de 07 de julho de 1995, sob a denominação de produtor independente de energia. Dessa forma, passaram a ser três os tipos de empresas geradoras: as empresas concessionárias geradoras; os autoprodutores; e os produtores independentes de energia.

As Leis nº 8.031 (de 12 de abril de 1990), nº 8.987 (de 13 de fevereiro de 1995) e nº 9.074 (de 7 de julho de 1995) estabeleceram os fundamentos do novo modelo, assentado na criação de um mercado competitivo de energia elétrica. A Lei nº 8.031/90 instituiu o Programa Nacional de Desestatização (PND) e criou o Fundo

Nacional de Desestatização (FND). As Leis nº 8.987 e nº 9.074/95 introduziram alterações que merecem destaque, sendo as mais importantes: a licitação dos novos empreendimentos de geração; a criação da figura do Produtor Independente de Energia; a determinação do livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição; e a liberdade para os grandes consumidores escolherem seus supridores de energia (GOMES *et al.*, 2002).

A Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (2014) destaca que em julho de 1995, o País deu importante sinal de redução na regulação do setor, marcado por privatização de ativos e a concessão de serviços. Em 10 de setembro de 1996 foi publicado também o Decreto nº 2.003, que regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Auto Produtor. Neste Decreto, define-se, para os efeitos da lei, Produtor Independente de Energia Elétrica e Autoprodutor de Energia Elétrica.

Silva Junior (2012) e Gomes e Vieira (2009) lembram ainda que agência reguladora do setor elétrico, a Agência Nacional de Energia Elétrica¹ (ANEEL), foi instituída apenas em 26 de dezembro 1996. Dessa forma, a agência responsável por regular o mercado foi criada após o início do processo de privatizações do setor. Ao ser regulado, o setor de energia elétrica no Brasil tem os resultados de investimentos da iniciativa privada, principalmente os de longo prazo, condicionados às diretrizes e políticas do Governo Federal.

Analizando como a agência exerce o poder de regulação, Beltrame e Nascimento Neto (2017) concluíram que esse recai sobre o controle de tarifas, universalização de serviços, resolução de conflitos, entre outros. Para os autores essas ações podem trazer benefícios ou prejuízos, tanto para os cidadãos quanto para a atividade econômica, razão pela qual demanda cautela.

Pesquisa desenvolvida por Daza (2014), teve como objetivo mensurar se as constantes alterações regulatórias estão sendo executadas com resultados razoáveis e como estas impactam nas principais empresas que atuam no setor. Nos negócios

¹ A ANEEL configura-se como uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, MME, foi criada pela Lei nº 9.427/96. A Agência passa a ser responsável legal pela administração e pela regulamentação de todo o setor de energia elétrica no País. O regime especial de funcionamento da ANEEL lhe permite maior autonomia, propiciando maior estabilidade nas regras de funcionamento do setor elétrico, favorecendo desta forma a atração de capital privado para o setor (BAJAY *et al.*, 2018). Suas competências estão descritas em Agência Nacional de Energia Elétrica (2019g)

de distribuição de energia, o autor verificou que as empresas sofreram significativas reduções de tarifas em que, salvo algumas exceções, as empresas avaliadas com negócios nessa área sofreram reposicionamento tarifário com impacto no seu resultado. A consequência direta é a intensificação dos custos operacionais e deterioração na qualidade do serviço prestado. Nos negócios de transmissão, os resultados também indicam redução de tarifas. Já nos negócios de geração, o autor entende que a dificuldade reside na aceitação de novas regras de concessão, por parte das empresas, financeiramente muito abaixo das regras até então vigentes.

Os projetos de investimento em energia normalmente apresentam longo prazo de maturação e altos investimentos. Somado a esses fatos há de se considerar a existência de regulação do mercado, como controle de tarifas e universalização de serviços. Todos esses elementos pesam negativamente para a iniciativa privada investir no setor e compõem o cenário da incerteza, que no campo das finanças se traduz em risco². Assim, parece compreensível que, para atrair investimentos, a taxa de atratividade necessite ser mais expressiva para o setor de energia elétrica no Brasil.

Para Prado (2006), seguindo o entendimento sobre a reestruturação institucional do setor elétrico brasileiro, importante mudança se deu com a publicação da Lei nº 9.468/98. A lei estabeleceu a liberdade de contratação pelas empresas concessionárias distribuidoras de energia elétrica, instituiu o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e criou o Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE). Segundo o autor, a reestruturação separou as relações técnicas das relações comerciais do setor. As relações técnicas passaram a ser coordenadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico, já as relações comerciais passaram a ocorrer no Mercado Atacadista de Energia Elétrica.

As mudanças citadas foram incentivadas também pela irregularidade das chuvas, que marcou o início do século XXI. O mês de maio de 2001 marcou o início de um período de estiagem e os reservatórios das usinas hidrelétricas baixaram significativamente seus níveis, a ponto de ser instituída política de racionamento. As ações de curto prazo não foram suficientes para inibir a crise verificada no abastecimento de energia elétrica (LORENZO, 2001-2002). O evento ratificou a

² Mais detalhes relacionados a risco no setor elétrico brasileiro podem ser encontrados nos trabalhos de Heideier (2009) e Tamarozzi (2002).

necessidade de introduzir novas fontes de energia à matriz elétrica nacional. O setor de geração de eletricidade no Brasil, a partir de então, passa por uma nova dinâmica com tendência para o uso de outras fontes renováveis, dentre estas a biomassa.

Segundo Bajay *et al.* (2018), no ano de 2004 houve nova reforma do setor elétrico, resultante do racionamento de 2001 que promoveu corte entre 20% e 25% do consumo nacional de eletricidade. O objetivo da reforma foi fortalecer as atividades de planejamento de médio e longo prazos, o acompanhamento permanente da segurança de abastecimento, tarifas baixas e a universalização do acesso à eletricidade.

3.2 AMBIENTES DE CONTRATAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Em 2004 foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), uma empresa pública ligada ao Ministério de Minas e Energia. Também foram instituídos a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) (MENDES, 2011).

Segundo Mendes e Pinto (2011), a EPE tem a finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas para subsidiar o planejamento do setor energético. Já o objetivo da CCEE é viabilizar a comercialização de eletricidade no Sistema Interligado Nacional (SIN) em dois Ambientes de Contratação, o Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e o Ambiente de Contratação Livre (ACL). Florezi (2009) ressalta que foi a partir da Lei nº 10.848/04 que se definiram os dois ambientes de contratação citados.

Ainda segundo Mendes e Pinto (2011), as distribuidoras que atendem o Ambiente de Contratação Regulada³ têm os leilões como única forma de acesso à compra de energia elétrica, contratando grandes volumes de suprimento para longo prazo. A demanda por energia é estimada pelas distribuidoras que tem o compromisso de garantir o atendimento à totalidade dos mercados cativos de energia. Os leilões são realizados na modalidade de menor preço, para atendimento da demanda prevista pelas distribuidoras.

³ Os tipos de contratos praticados no ACR são: contratos de energia de novas usinas, contratos de energia de usinas existentes e contratos de ajuste da demanda. Ambos são contratos bilaterais. Com exceção dos contratos de ajuste, os demais são contratos regulares (WALVIS, 2014).

Segundo Walvis (2014), no Ambiente de Contratação Regulada, as modalidades de contratação de novas usinas podem ser com contratos de quantidade ou de disponibilidade de energia. Para o autor, os contratos de quantidade de energia são aplicados às usinas hidrelétricas e os contratos de disponibilidade de energia, no qual a capacidade disponível é contratada e não a energia, são aplicados às demais usinas.

A contratação de energia elétrica proveniente de geração nova tem sido realizada por meio de licitações periódicas com cinco ou três anos de antecedência em relação ao ano de realização do mercado. Neste caso, sendo A o ano de realização do mercado, um leilão A-5 ou A-3 ocorre cinco ou três anos antes, respectivamente. Os contratos contemplam prazos de duração entre 15 e 30 anos (WALVIS, 2014).

Bajay *et al.* (2018) ressaltam a possibilidade de contratação de, além da geração nova, a geração existente. Nessa a finalidade é atender à carga efetiva das concessionárias distribuidoras. A contratação é na modalidade contratos de quantidade de energia e tem no mínimo 3 e no máximo 15 anos de duração. O início de suprimento é em janeiro do ano seguinte ao da realização do leilão.

Segundo Mendes e Pinto (2011), para promover incentivo de fontes alternativas de energia elétrica como, por exemplo a biomassa, o MME determinou a existência de leilões para fontes alternativas, nos moldes dos leilões de contratação de energia nova. Dessa forma, são celebrados Contratos de Comercialização de Energia no ACR por fonte em duas modalidades: (i) energia elétrica negociada por PCH na modalidade quantidade de energia e com prazo de duração de 30 anos; e (ii) biomassa e eólica na modalidade por disponibilidade de energia com prazo de 20 anos.

Já no Ambiente de Contratação Livre, geradores, comercializadores e consumidores livres negociam abertamente contratos bilaterais, definindo preços, volumes, prazos e cláusulas de *hedge*. Neste ambiente, as empresas concessionárias distribuidoras não podem adquirir eletricidade para suprir o seu mercado de consumidores cativos no ACL, enquanto os comercializadores e os consumidores livres só podem atuar no ACL. Diferentemente, os geradores podem atuar nos dois ambientes de contratação (FLOREZI, 2009).

A participação de Unidade Consumidora no ACL requer o cumprimento de algumas exigências, que muitas vezes se tornam restrições. Em Brasil (2004) uma

importante restrição notada é o fato da Unidade Consumidora interessada em participar como consumidor especial ter carga maior ou igual a 500 kW. Com isso, as Unidades Consumidoras menores encontram dificuldades em participar desse mercado.

Já para migrar para o ACR, as empresas precisam de liberação da distribuidora de energia local. O prazo legal de análise e liberação por parte da distribuidora local é de até 5 anos. Isso se deve ao fato de que para os consumidores livres retornarem ao ACR deverão formalizar junto ao agente de distribuição local, com antecedência mínima de cinco anos, a decisão de retornar à condição de consumidor atendido mediante tarifa e condições reguladas. Apenas a critério da distribuidora o referido prazo poderá ser reduzido. Todas as restrições citadas estão previstas no Decreto nº 5.163 de 30 de julho de 2004, ainda vigente.

3.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA

Na literatura não há consenso sobre a definição do conceito de Geração Distribuída (GD). Bajay (2018) atribui à falta de consenso sobre a definição para GD ao fato de existir variações de legislação de um país para outro, forma de conexão à rede elétrica, capacidade instalada, tecnologia e recursos primários utilizados.

A GD refere-se a uma variedade de tecnologias que geram eletricidade no local ou próximo do local de consumo. A geração distribuída pode atender a uma estrutura simples, como uma empresa, ou pode fazer parte de um *microgrid*, ligado ao sistema de distribuição, como em uma grande instalação industrial, constituída de estrutura mais complexa. Conectada à linha de distribuição, pode contribuir no fornecimento de energia limpa a outros consumidores e redução de perdas de eletricidade ao longo das linhas de transmissão e distribuição (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2019).

Para a Empresa de Pesquisa Energética (2018a), o conceito de Geração Distribuída está contemplado dentro do entendimento de Recursos Energéticos Distribuídos, definidos como tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia elétrica, localizados dentro dos limites da área de uma determinada concessionária de distribuição, normalmente junto a unidades consumidoras.

Para efeitos legais, a definição de GD é feita a partir do Artigo 14 do Decreto nº 5.163⁴ de 30 de julho de 2004, conforme segue:

Art. 14. Para os fins deste Decreto, considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, incluindo aqueles tratados pelo art. 8º da Lei nº 9.074, de 1995, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento:

I - hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; e

II - termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a setenta e cinco por cento, conforme regulação da ANEEL, a ser estabelecida até dezembro de 2004.

Parágrafo único. Os empreendimentos termelétricos que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não estarão limitados ao percentual de eficiência energética prevista no inciso II do caput. (BRASIL, 2004)

De acordo com o Instituto Nacional de Eficiência Energética (2019), a Geração Distribuída é uma expressão usada para designar a geração elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) e independe de potência, tecnologia e fonte⁵ de energia utilizada. Já para Ackermann *et al.* (2001), a GD pode ser definida como geração de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou no lado do consumidor.

Sintetizando o entendimento dos autores citados, de forma geral o conceito envolve uma geração de energia elétrica mais próxima dos consumidores com um sistema não centralizado em poucas usinas de grande porte, ou seja, dispersão da geração em várias unidades geradoras, conectadas à rede de distribuição.

Diversos são os fatores de atração para a geração de energia de forma distribuída. A International Energy Agency (2002) lista cinco fatores principais: liberalização do mercado de eletricidade; desenvolvimentos de tecnologias na área de geração distribuída; restrições à construção de novas linhas de transmissão; aumento

⁴ Art. 8º da Lei nº 9.074/95 é citado no Artigo 14. Esse artigo foi alterado pela Lei nº 13.360 de 2016, passando a conter o seguinte texto: “Art. 8º O aproveitamento de potenciais hidráulicos e a implantação de usinas termoelétricas de potência igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) estão dispensados de concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente” BRASIL (2016).

⁵ Cabe lembrar que as duas grandes fontes de energia são as renováveis e as não renováveis. São fontes renováveis de energia todas as formas de energia em que a taxa de utilização é inferior ou igual à taxa de renovação, ou seja, a natureza tem capacidade de reposição na mesma velocidade do consumo humano, ou até mesmo mais rapidamente. São exemplos de fontes renováveis de energia: solar, eólica, biomassa, hidráulica, energia das marés. Diferentemente, são fontes não renováveis de energia as formas de energia em que a taxa de utilização é superior à taxa de renovação, logo a natureza não tem capacidade de reposição na velocidade do consumo humano. São exemplos de fontes não renováveis de energia: petróleo, gás natural, carvão mineral, urânio.

da demanda dos clientes por eletricidade altamente confiável e preocupações relacionadas à mudança climática.

Os estímulos direcionados à geração distribuída no Brasil se justificam pelos potenciais benefícios que a modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre os benefícios estão: o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição; o baixo impacto ambiental; a redução no carregamento das redes; a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019c).

Para Bajay *et al.* (2018), há legislações, resoluções e programas específicos de fomento às fontes renováveis e à geração distribuída que merecem ser evidenciados. Segundo o autor, merece destaque o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA); as Resoluções Normativas da ANEEL nº 77/2004, nº 482/2012 e nº 687/2015; e o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD).

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) foi instituído, de acordo com Goldemberg e Lucon (2007), pela Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002. O intuito foi de estimular a geração de eletricidade por fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH). Já a RN nº 77/2004⁶ da ANEEL, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2004), estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidrelétricos e aqueles com base em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada.

Segundo Altoé *et al.* (2017), a RN nº 482 de 2012 estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e instituiu o sistema de compensação de energia elétrica no Brasil. De acordo com a resolução, as unidades consumidoras com micro

⁶ Com a nova redação dada à RN nº 77, pelas RN nº 745/16 e 755/16, diminuí-se as restrições do perfil dos beneficiados pela resolução, estendendo-se os benefícios de redução tarifária. Em seu Artigo 1º estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição, TUST e TUSD, aplicáveis aos empreendimentos hidrelétricos com potência igual ou inferior a 50.000 (cinquenta mil) kW, e àqueles com base em fontes solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 300.000 (trezentos mil) kW. Observadas as especificidades de enquadramento, o Artigo 2º estipula o percentual de redução de 50%, a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada ou destinada à autoprodução (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2016a e 2016b).

ou minigeração distribuída (potência instalada de até 1 MW), a partir de fonte hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, podem compensar⁷ seu consumo de energia.

Como forma de aprimoramento e expansão da micro e minigeração distribuída no Brasil, a Resolução nº 482 foi atualizada pelas Resoluções nº 687/15 e nº 786/17 da ANEEL. A partir desta última, o período de compensação foi ampliado de 36 para 60 meses e o limite de potência instalada por usina foi aumentado para 5 MW para cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015 e 2017; ALTOÉ *et al.*, 2017).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (2019c) salienta que, ao ingressar na Geração Distribuída, as unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), com tensão igual ou inferior a 2,3kV, mesmo que a energia injetada na rede seja superior à energia consumida, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade. O custo de disponibilidade se torna um custo fixo e o valor em reais equivale a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico), conforme o caso. Já para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A), em que o atendimento se dá em tensão superior a 2,3 kV, a parcela de energia da fatura poderá ser zerada, caso a quantidade de energia injetada ao longo do mês seja maior ou igual à quantidade de energia consumida. Contudo, para esse segundo grupo, a parcela da fatura correspondente à demanda contratada será faturada normalmente.

A RN nº 482 é reconhecida por Altoé *et al.* (2017) e Bajay *et al.* (2018) como importante marco regulatório da GD de pequeno porte no Brasil. Apesar de, em termos conceituais, a Geração Distribuída não se limitar à micro e minigeração, foram essas modalidades que sofreram estímulos legais e regulatórios no Brasil. O Quadro 1 contribui para esse entendimento.

⁷ No Brasil, para a microgeração e minigeração distribuída é utilizado o Sistema de Compensação de Energia Elétrica denominado *net metering*, nome dado quando a geração é maior que o consumo e o saldo fica de crédito na distribuidora para abatimento futuro. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2012a), ao findar de cada mês realiza-se o balanço de energia elétrica, com base na energia injetada na rede e na energia consumida e caso a produção de energia seja maior que o consumo, são gerados créditos que podem ser utilizados em até 36 meses.

QUADRO 1 – DECOMPOSIÇÃO DA GD CONFORME NORMAS E LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Central Geradora	Capacidade Instalada	Exigência	Exclusivo para Compensação de Energia Elétrica
Microgeração	$P \leq 75\text{kW}$	Utilizar cogeração qualificada*, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras	Sim
Minigeração	$75\text{kW} < P \leq 5.000\text{kW}$		

Fonte: O autor (2019) a partir do Decreto nº 5.163/04, RN nº 482/12 e atualizações dadas pelas RN nº 517/12⁸, nº 687/15, nº 786/17 da ANEEL.

Nota:* A ANEEL (2006) estabelece o conceito de “Cogeração Qualificada” na RN nº 235/2006 sendo um atributo concedido a cogeneradores que atendem os requisitos definidos no Art. 4º da mesma resolução, para fins de participação nas políticas de incentivo à cogeração.

Uma importante medida governamental, criada para estimular a Geração Distribuída no Brasil, foi o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD). O Programa foi lançado em 15 de dezembro de 2015 pelo Ministério de Minas e Energia para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia. A meta geral com o Programa é reduzir as emissões de gases de efeito estufa do Brasil, em relação aos níveis de 2005, em 37% até 2025, e em 43% até 2030. Para a matriz elétrica, uma das metas é alcançar 23% de participação de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2019).

Outra importante medida governamental lançada foi a isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), que também incidia sobre a energia consumida, independente da unidade consumidora injetar ou não energia elétrica na rede. A mudança passou a ser verificada após a publicação do Convênio ICMS nº 16/2015 e adesão dos governos estaduais. Os governos estaduais do Amazonas, Paraná e Santa Catarina foram os últimos a aderir ao convênio, cuja

⁸ AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2012b).

adesão foi publicada em 17 de maio de 2018 – Convênio ICMS 42/18 datado de 16 de maio de 2018.

O Convênio ICMS nº 16/2015, aprovado no âmbito do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ, 2015), autorizou os Estados signatários, mediante edição de legislação específica, a concederem isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora. Essa isenção se dá na quantidade correspondente à soma da energia elétrica injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora ou por outra unidade do mesmo titular, por meio de GD, com capacidade instalada de até 1 MW, nos termos da RN nº 482/2012.

Cabe lembrar que apenas após a publicação do Convênio ICMS nº 16/2015 a ANEEL efetuou alterações na RN nº 482/2012, por meio da RN nº 687/2015, para admitir que a GD fosse explorada por empreendimento de múltiplas unidades consumidoras e de geração compartilhada, bem como elevar o limite de capacidade instalada de minigeração para até 5 MW. Dessa forma, essas alterações ainda não foram assimiladas pelo Convênio ICMS nº 16/2015 (CASTILHO e PIMENTEL, 2019).

Por fim, outra importante medida, de incentivo à GD, por parte do governo federal, foi a isenção do PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social). De acordo com Bajay *et al.* (2018), tal medida se deu por intermédio da Lei nº 13.169/2015⁹, em que, a partir de sua publicação, os tributos federais citados passaram a incidir apenas sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora com micro e minigeração distribuída

3.3.1 Modalidades de compensação de crédito na micro e minigeração distribuída

Dentro da micro e minigeração distribuída, no Brasil, a compensação dos créditos gerados pode ocorrer em diferentes modalidades. Essas diferentes modalidades estão detalhadas na RN nº 687/2015 da ANEEL. A primeira modalidade é a forma clássica. Nessa, a geração e o consumo da energia elétrica ocorrem na própria unidade consumidora onde a energia foi gerada.

⁹ Brasil (2015).

A segunda modalidade é denominada de autoconsumo remoto. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015), nessa modalidade, a compensação dos créditos gerados também pode ocorrer em unidades consumidoras de outras localidades. Para tanto, essas outras localidades necessitam estar dentro da área de abrangência de uma única distribuidora e serem da mesma titularidade (CPF ou CNPJ).

A terceira modalidade para compensação dos créditos gerados sob a forma de micro ou minigeração distribuída é o empreendimento com múltiplas unidades consumidoras. Nessa modalidade se enquadram os condomínios, sendo aplicável tanto para condomínios residenciais quanto comerciais. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015), a energia gerada e injetada na rede pode ser rateada entre os participantes e as instalações para atendimento das áreas de uso comum dos condôminos constituem uma unidade consumidora distinta e de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com micro ou minigeração distribuída. As unidades consumidoras devem estar localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, não sendo permitida a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento.

A quarta e última modalidade é a chamada geração compartilhada. Nessa modalidade a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015) destaca que os consumidores podem se organizar sob a forma de consórcio ou cooperativa, podendo reunir pessoa jurídica ou física, respectivamente, para compartilhar a energia de um gerador e, assim, participar do sistema de compensação de energia elétrica. Da mesma forma que a modalidade de autoconsumo remoto, o sistema de geração pode ser instalado em local diferente do consumo, desde que na área de abrangência da mesma distribuidora. Ainda, o sistema de geração deve estar em uma unidade consumidora integrante do consórcio ou da cooperativa.

De forma bastante prática, a geração compartilhada possibilita que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados, conforme o caso (SOCCOL *et al.*, 2016).

3.3.2 Questões conceituais e legais sobre consórcio de empresas

De acordo com Castro (2014), a cooperação entre as empresas mostra-se como um importante mecanismo capaz de torná-las mais competitivas no mercado que atuam. Fortalecer o poder de compra, compartilhar recursos, combinar competências, dividir o ônus de realizar pesquisas tecnológicas, partilhar riscos e custos para explorar novas oportunidades, oferecer produtos com qualidade superior e diversificada são as estratégias cooperativas mais utilizadas. Essas estratégias representam novas possibilidades de atuação no mercado, para as empresas que aderem à cooperação.

Assim, a formação de um consórcio apresenta inúmeras vantagens ao racionalizar os esforços das empresas, mobilizando as capacidades específicas e tornando as empresas consorciadas mais eficientes para a realização do objeto do consórcio, objeto este que isoladamente as empresas possivelmente não teriam condições de executar. Forma-se, portanto, sob a égide solucionadora de determinadas dificuldades ou obtenção de determinado interesse comum (MIRANDA, 2010).

O consórcio empresarial é definido como a união de várias empresas com a finalidade de realizar um empreendimento ou efetuar negociações geralmente maiores do que a capacidade individual de cada participante. É formado a partir de um contrato entre as empresas consorciadas, dando origem à denominação “consórcio contratual”. O consórcio não tem personalidade jurídica própria, portanto não será uma empresa. Contudo, o consórcio empresarial tem capacidade de negociação e judicial podendo participar de ações na Justiça. O consórcio também não tem capacidade patrimonial, pois seus bens pertencem a um ou mais de seus sócios. É prática comum uma empresa-líder ser eleita para tomar frente dos assuntos e representar os interesses do consórcio (DAMÁZIO, 2012).

Por ser primordialmente contratual, um dos maiores desafios de um consórcio de empresas é justamente a elaboração do contrato. O contrato deve conter as obrigações e responsabilidades de cada consorciado, a divisão das tarefas, receitas, custos e despesas, divisão de resultados, as condições para realização de negócios em comum, ou seja, o combinado entre as partes. (CASTRO, 2014).

Para Negrão (2013), o consórcio nada mais é do que o contrato entre duas ou mais sociedades, estando estas sob o mesmo controle ou não, para executar

determinado empreendimento. Sua constituição dispensa de estarem as sociedades consorciadas sob o mesmo controle.

Na legislação brasileira, a abordagem sobre consórcio de empresas é verificada na Lei nº 6.404 de 15 de dezembro de 1976, conhecida como lei das “SAs” por dispor sobre as Sociedades por Ações. Em seu capítulo XXII, a abordagem sobre consórcio ocorre em dois artigos, da seguinte forma:

Art. 278. As companhias e quaisquer outras sociedades, sob o mesmo controle ou não, podem constituir consórcio para executar determinado empreendimento, observado o disposto neste Capítulo.

§ 1º O consórcio não tem personalidade jurídica e as consorciadas somente se obrigam nas condições previstas no respectivo contrato, respondendo cada uma por suas obrigações, sem presunção de solidariedade.

§ 2º A falência de uma consorciada não se estende às demais, subsistindo o consórcio com as outras contratantes; os créditos que porventura tiver a falida serão apurados e pagos na forma prevista no contrato de consórcio.

Art. 279. O consórcio será constituído mediante contrato aprovado pelo órgão da sociedade competente para autorizar a alienação de bens do ativo não circulante, do qual constarão: (Redação dada pela Lei nº 11.941, de 2009)

I - a designação do consórcio se houver;

II - o empreendimento que constitua o objeto do consórcio;

III - a duração, endereço e foro;

IV - a definição das obrigações e responsabilidade de cada sociedade consorciada, e das prestações específicas;

V - normas sobre recebimento de receitas e partilha de resultados;

VI - normas sobre administração do consórcio, contabilização, representação das sociedades consorciadas e taxa de administração, se houver;

VII - forma de deliberação sobre assuntos de interesse comum, com o número de votos que cabe a cada consorciado;

VIII - contribuição de cada consorciado para as despesas comuns, se houver.

Parágrafo único. O contrato de consórcio e suas alterações serão arquivados no registro do comércio do lugar da sua sede, devendo a certidão do arquivamento ser publicada. (BRASIL 1976)

Um consórcio de empresas consiste em uma forma de concentração provisória e flexível, efetivada pela união de empresas que se relacionam para a realização de um objetivo comum. Desta forma, cria-se uma nova estrutura organizacional que representa o agrupamento sem, contudo, intervir na identidade de cada componente, mantendo-se juridicamente independentes. Assim, deverá existir uma coordenação entre as empresas participantes para a realização do objetivo proposto, obrigando-se cada uma, nos termos do contrato firmado entre todas, a responder pelas obrigações assumidas de forma individual (MIRANDA, 2010).

Considerando que um consórcio entre empresas tem como instrumento de formalização um contrato, há de se observar os custos contratuais. De acordo com Caixeta e Wander (2015), ao abordar sobre a Nova Economia Institucional, mostram que essa se diferencia do pensamento neoclássico e entendem que os agentes

econômicos possuem racionalidade limitada e não possuem acesso às informações de maneira equitativa, o que conduz a incerteza na tomada de decisão e possibilidade de existência de oportunismo.

Segundo Conceição e Costa (2006), a racionalidade limitada dos agentes é fruto não somente da capacidade de compreensão das informações de forma limitada, mas principalmente da ausência de informação. Com informações assimétricas os agentes possuem dificuldades em adquirir informações essenciais a respeito de transações de mercado, contratos ou inadimplência. Tal situação provoca a instauração de um ambiente de incertezas, dificultando previsões precisas, principalmente pela existência de agentes que se comprometem a uma transação que se sabe que não cumprirá (oportunismo).

Dessa forma, dentre os custos intrínsecos à uma firma e aplicável à consórcio, estão os custos de transação. Para Williamson (1993), os custos de transação são criados por mecanismos de defesa, como contratos, que tentam minimizar atitudes oportunistas e a racionalidade limitada dos agentes. A observação desse tipo de custo mostra-se importante uma vez que consórcios empresariais são relativamente comuns e os exemplos a serem citados são os mais diversos.

A Associação Brasileira de Empresas de Componentes para Couro, Calçados e Artefatos (ASSINTECAL) é uma entidade sem fins lucrativos que tem como objetivo principal a integração da indústria brasileira de fornecedores da cadeia coureiro-calçadista. A associação detém abrangência mais significativa nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, onde estão localizados os maiores fabricantes de calçados e fornecedores de componentes do País. Para atingir seus objetivos, a Associação promoveu a formação de alguns consórcios, com o objetivo de aumentar sua competitividade a partir da redução dos custos e riscos de qualquer ação mercadológica. Esses consórcios estão especialmente focados no mercado externo e podem ser citados os consórcios: Compex by Brasil, Shoe Solution by Brasil, Techshoes, Total Shoes by Brasil e Jautec (CASTRO, 2014).

Outro exemplo bem sucedido de consórcio é Wines From Brazil. Segundo Farias (2011), trata-se de um consórcio de exportação organizado pela Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX-Brasil). De acordo com o autor, o consórcio visa apoiar a maior inserção do vinho nacional no mercado internacional, por meio de uma estratégia de construção de uma imagem positiva (e comercialmente atrativa) do produto nacional. Para o Serviço Brasileiro de Apoio às

Micro e Pequenas Empresas (2015), esse consórcio tem como intuito vender vinhos brasileiros para o exterior, considerando a tradição de vinhos de qualidade que já existiam no mercado nacional e do desafio de se introduzir o vinho brasileiro no mercado externo.

Por fim, no setor de energia, se tem como exemplo o Consórcio Itá. Trata-se de uma parceria entre grandes empresas que atuam em todo território nacional e tem como objetivo explorar a Usina Hidrelétrica Itá, mediante concessão outorgada pela União, por intermédio da ANEEL (ITÁ, 2019). O Consórcio formou-se em agosto de 1995, a partir da união de três grandes empresas dos setores de geração de energia, siderurgia e cimento, respectivamente: ENGIE Brasil Energia, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e Itambé. A Usina Hidrelétrica Itá situa-se no Rio Uruguai, na divisa dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, entre os municípios de Itá (SC) e Aratiba (RS). Nos termos do Contrato de Consórcio, os 668 MW médios são objeto de rateio entre as empresas ENGIE, CSN e Itambé (ITÁ, 2019).

Nos Estados Unidos, a maior parte da geração de energia elétrica provém de usinas pertencentes a empresas concessionárias ou a consórcios de empresas concessionárias. Uma parte da energia gerada provém de agências comercializadoras federais e outra parcela crescente é gerada por produtores independentes de eletricidade (LAZAR, 2016).

3.4 BIOMASSA FLORESTAL PARA FINS DE ENERGIA

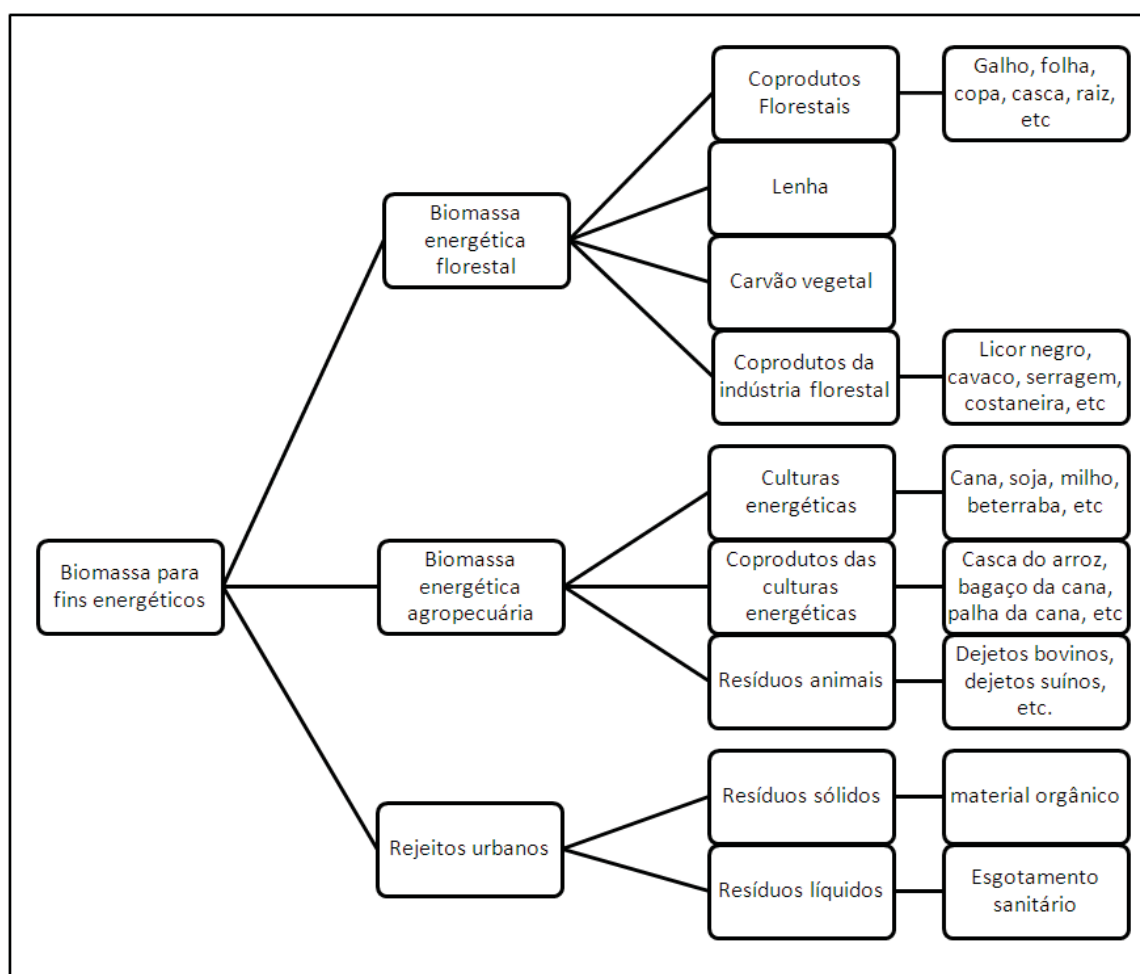
De acordo com Fonseca (2009) e o World Energy Council (2018), a bioenergia é energia da matéria orgânica (biomassa), ou seja, todos os materiais de origem biológica que não estão embutidos em formações geológicas (fossilizadas). A biomassa pode ser usada em sua forma original como combustível, ou ser refinada para diferentes tipos de biocombustíveis sólidos, gasosos ou líquidos. Os combustíveis de biomassa podem ser produzidos a partir de coprodutos agrícolas, florestais e urbanos, bem como de culturas energéticas. A definição claramente exclui os tradicionais combustíveis fósseis, como o petróleo e carvão mineral que, mesmo tendo sido derivados de matéria orgânica vegetal e animal, necessitaram de milhões de anos para sua conversão na forma que são encontrados.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2018), qualquer matéria orgânica que possa ser transformada em energia mecânica, térmica ou

elétrica é classificada como biomassa, diferenciando-se pela sua origem. Tem-se como exemplo de biomassa florestal a madeira, principalmente. A biomassa agrícola pode ser encontrada na soja, arroz, cana-de-açúcar, entre outras e biomassa de rejeitos urbanos e industriais pode ser sólida ou líquida, como o lixo e o esgotamento sanitário. Os derivados obtidos dependem tanto da matéria prima utilizada, cujo potencial energético varia de tipo para tipo, quanto da tecnologia de processamento para obtenção dos energéticos.

Em relação à sua origem, para a biomassa para fins energéticos pode ser classificada em diferentes categorias. A Figura 1 traz um esquema com as diferentes origens da biomassa para fins energéticos, de forma detalhada, resultado de síntese de diversas bibliografias acerca da temática.

FIGURA 1 – BIOMASSA PARA FINS DE ENERGIA POR ORIGEM



Fonte: O autor (2019) a partir de Cortez *et al.* (2008), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Ministério do Meio Ambiente (2010); Santos *et al.* (2013), Empresa de Pesquisa Energética (2017) e Instituto Brasileiro das Indústrias de Pellets Biomassa e Brique (2018).

Em se tratando de biomassa energética florestal, o termo coprodutos florestais é empregado ao resíduo ou sobra, após uma ação ou processo produtivo, que passa a ser descartado e acumulado no ambiente, quase sempre gerando problemas ambientais. São gerados e deixados na floresta como resultado das atividades da colheita da madeira. Estes resíduos são oriundos de partes das árvores que não são aproveitadas nos processos industriais. Estima-se que cerca de 20% da massa das árvores são deixados nos locais de colheita, quando não se considera as raízes. Considera-se que os resíduos gerados e disponíveis no ambiente florestal representam entre 30 e 35% da madeira destinada para fins industriais e aproximadamente 5% do volume de madeiras destinadas para fins energéticos (SILVA; OSHIRO, 2017).

Dentre os coprodutos destaca-se o licor negro, coproduto oriundo do processo de polpação da indústria de polpa e papel, constituído de matéria orgânica e inorgânica. De acordo com Barros (2020), o licor negro consiste na mistura de compostos químicos inorgânicos de digestão, resíduos de madeira dissolvida (lignina) e outro tipo de matéria orgânica separada da madeira durante o cozimento no processo Kraft, processo sulfato de fabricação da celulose. O cozimento é feito em digestor a temperaturas próximas de 170 °C e na presença de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio em solução aquosa. A partir do tratamento da madeira no digestor, obtém-se uma pasta crua e uma solução escura, chamada de licor negro. O autor salienta ainda a recuperação de substâncias químicas e a queima, com a finalidade de gerar energia.

Já os coprodutos da indústria à base de madeira podem ser classificados basicamente em dois grupos: pequenas e média/grandes dimensões. Enquadram-se no grupo de resíduos de pequena dimensão o pó, a serragem, cavaco e lascas. Já no grupo de média e grande dimensão está a casca, costaneira, aparta, âmago, rolo-resto e pontas. Na maior parte das operações de uma indústria, aproximadamente 2/3 dos resíduos são de maiores dimensões. O volume de resíduos gerados na fase industrial resulta da diferença entre o volume de madeira em toras que entra na fábrica e o volume de madeira processada ou desdobrada (SILVA; OSHIRO, 2017).

Até aproximadamente uma década atrás, nem todos os coprodutos florestais sofriam aproveitamento, de forma racional ou econômica, conforme relatado em pesquisa de Wiecheteck (2009). Na maioria das vezes eram desperdiçados por falta de mercado, de informações adequadas ou mesmo de políticas públicas claras e

orientadas para sua melhor utilização. De acordo com o autor, algumas exceções já eram verificadas nas regiões Sul e Sudeste, onde os mercados desses coprodutos já eram ativos e altamente integrados na produção e consumo de matérias primas de origem florestal. Nessas Regiões, já se notava aproveitamento desses coprodutos por meio da integração de empresas privadas, na compra e venda a preços competitivos, e na interação público-privada, como no caso da geração e destino de biomassa urbana derivada da madeira.

Contudo, conforme destaca Preilippper *et al.* (2016), entre os insumos usados nas termelétricas, a biomassa florestal¹⁰ tem ganhado destaque, por apresentar condições de exploração a partir da utilização de coprodutos oriundos da colheita e da transformação da madeira. O autor ainda ressalta que a disposição inadequada, pode provocar impacto sobre o meio ambiente, preocupação cada vez mais crescente.

No estado do Paraná, de acordo com Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (2018), a área com floresta plantada no ano de 2015 atingiu 1.066.479 ha. Somente a Macro Região Centro-Sul, conforme subdivisão adotada pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) para o Paraná, que inclusive um dos núcleos regionais é Guarapuava, detém 83,46% de toda a área de floresta plantada, acima mencionada. Os números contribuem para o entendimento do potencial de biomassa para fins industriais e energéticos na região.

Já na esfera global, de acordo com a World Bioenergy Association (2018), a indústria florestal gera mais de 87% de toda a matéria prima de biomassa para bioenergia na forma de lenha, carvão vegetal, coprodutos da indústria florestal e madeireira, madeira recuperada e licor negro. De acordo com o estudo, o setor agropecuário contribui com 10% de subprodutos animais e agrícolas, sendo que as culturas energéticas produtoras de bioetanol e biodiesel estão incluídas no setor

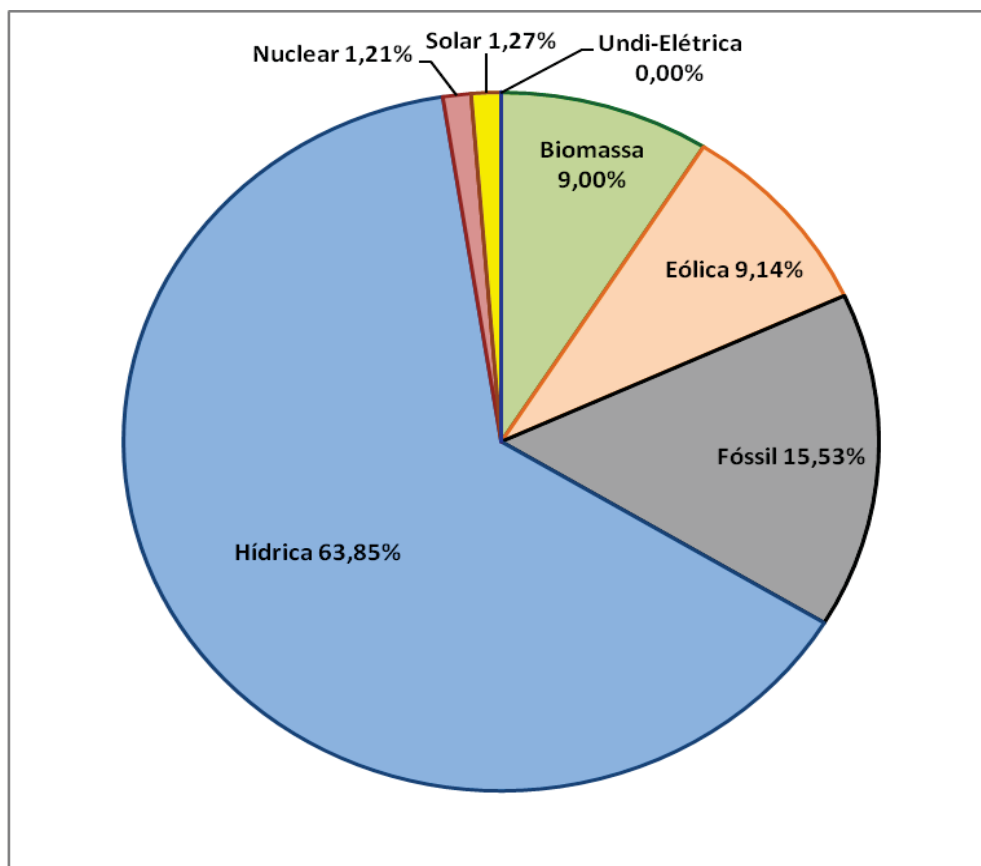
¹⁰ De acordo com Maccarini (2016), a biomassa urbana resultante da poda de árvores também vem ganhando importância para fins energéticos. Estimativa realizada pelo autor indica que o Brasil tem potencial para gerar anualmente mais de 30 milhões de toneladas de “resíduos” de poda de árvores urbanas, sem contar com os coprodutos de plantios florestais de pinus e eucaliptos gerados pelas madeireiras, fábricas de compensado, de aglomerado, de pasta de celulose e artefatos diversos de madeira. Segundo o autor, se toda essa biomassa urbana fosse utilizada para a conversão energética teria potencial para gerar aproximadamente 600 Petajoule. O serviço de poda das árvores é geralmente de responsabilidade de governos municipais e concessionária de energia elétrica. Segundo Souza *et al.* (2016), o município de Piracicaba (SP), um dos mais importantes centros de pesquisa na área, possui cerca de 10 milhões m² de áreas públicas (1000 hectares) e gera com isso aproximadamente 180 toneladas mensais de biomassa energética.

agrícola. Por fim, os resíduos sólidos urbanos e o gás de aterro abrangem os 3% restantes das fontes de matéria prima de biomassa.

O Brasil dispõe de grande potencial no domínio de algumas fontes de energia renováveis, atendendo à localização, características e recursos naturais do seu território. O aproveitamento da biomassa deve constituir desafio prioritário da política energética nacional, é um vetor de desenvolvimento do País indo ao encontro dos objetivos nacionais de reforço da segurança energética e da diversificação do abastecimento de energia, de proteção ambiental e de coesão social e econômica com novos empregos (INSTITUTO BRASILEIRO DAS INDÚSTRIAS DE PELLETS BIOMASSA E BRIQUETE, 2018).

Com relação à biomassa para energia elétrica no Brasil, perto de 10% de toda a capacidade nominal instalada tem como fonte a biomassa (Gráfico 1). Esse desempenho coloca a fonte biomassa na posição de número quatro no quesito potência instalada, ficando atrás das fontes hídrica, fóssil e eólica.

GRÁFICO 1 – PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA NA CAPACIDADE NOMINAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL (%)



Fonte: O autor (2019) a partir de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2019e).

Apesar da grande participação, a tendência futura é de que a fonte hídrica passe a perder representatividade relativa na geração de energia elétrica no Brasil e, de forma inversa, a biomassa florestal ganhe representatividade.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2018a), o potencial hidrelétrico inventariado do Brasil é de 176 GW, dos quais 108 GW já foram aproveitados (em operação ou construção). Contudo, a exploração do potencial remanescente está acompanhada de inúmeros desafios de cunho técnico, econômico e ambiental. Questões como logística (devido à falta de acesso aos sítios), elevado custos de implantação de vários projetos e impactos socioambientais aparecem como principais desafios. Isso se deve principalmente ao fato de pouco mais da metade do potencial remanescente estar localizada nas regiões hidrográficas Amazônica e Tocantins-Araguaia, onde há grandes extensões de áreas protegidas por unidades de conservação e terras indígenas.

Com relação à expectativa de aumento da representatividade da biomassa florestal na geração de energia elétrica, estudo da Empresa de Pesquisa Energética (2018a) estima que até 2050, cerca de 15 milhões de hectares deverão estar ocupados por florestas plantadas para atender, além da demanda industrial, a demanda por recursos energéticos de base florestal.

3.4.1 Participação da biomassa florestal na geração de energia elétrica no Brasil

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2017), a biomassa vem gradativamente conquistando espaço na matriz elétrica, diferente do que ocorre com as fontes não renováveis. Tolmasquim (2016) ressalta que a (bio)eletricidade gerada a partir da biomassa é obtida principalmente por meio da cogeração em unidades dos segmentos industriais sucroenergéticos (bagaço da cana) e, em menor escala, de papel e celulose (licor negro).

A biomassa florestal juntamente com outras fontes de biomassa tem importante participação na matriz elétrica nacional. A Tabela 1 possibilita compreender toda a capacidade instalada, por fonte.

TABELA 1 – CAPACIDADE NACIONAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (2019)

Fonte			Capacidade Instalada		
Origem	Fonte Nível 1	Fonte Nível 2	Nº de Usinas	KW	Subtotal (KW)
Biomassa	Agroindustriais	Bagaço de Cana	406	11.389.802	11.482.786
		Biogás-AGR	3	7.951	
		Capim Elefante	2	31.700	
		Casca de Arroz	13	53.333	
	Biocombustíveis líquidos	Etanol	1	320	4.670
		Óleos vegetais	2	4.350	
	Floresta	Carvão Vegetal	8	48.197	3.189.350
		Gás de Alto Forno - Biomassa	12	127.705	
		Lenha	5	36.715	
		Licor Negro	18	2.542.616	
Fóssil	Resíduos animais	“Resíduos” Florestais	58	434.117	4.481
		Biogás - RA	14	4.481	
		Biogás - RU	22	154.667	
		Carvão - RU	2	5.250	
	Resíduos sólidos urbanos				159.917
	Cinética do vento	Cinética do vento	614	15.063.893	15.063.893
	Carvão mineral	Calor de Processo - CM	2	28.400	3.251.830
		Carvão Mineral	12	2.857.740	
		Gás de Alto Forno - CM	8	365.690	
	Gás natural	Calor de Processo - GN	1	40.000	13.354.419
		Gás Natural	166	13.314.419	
	Outros Fósseis	Calor de Processo - OF	3	157.950	157.950
	Petróleo	Gás de Alto Forno - PE	1	1.200	8.826.688
		Gás de Refinaria	6	319.530	
		Óleo Combustível	76	3.344.047	
		Óleo Diesel	2147	4.138.583	
	Outros Energ. de Petróleo		17	1.023.328	
Hídrica	Potencial hidráulico	Potencial hidráulico	1345	105.244.745	105.244.745
Nuclear	Urânio	Urânio	2	1.990.000	1.990.000
Solar	Radiação solar	Radiação solar	2473	2.100.925	2.100.925
Undi-Elétrica	Cinética da água	Cinética da água	1	50	50
Total			7.440	164.831.705	164.831.705

Fonte: Adaptado pelo autor a partir da Agência Nacional de Energia Elétrica (2019e).

As subfontes “licor negro” e “resíduos florestais” da biomassa florestal se referem a coprodutos principalmente da indústria de papel e celulose, sendo os

“resíduos” florestais convertidos em cavaco para posterior utilização como combustível na geração de energia elétrica.

É perceptível maior destaque da indústria de papel e celulose, em detrimento de outras indústrias do setor, para a geração de energia elétrica. Para Santana *et al.* (2016), o porte das empresas contribui para a explicação do referido destaque. Para os autores, as deficiências no tocante à tecnologia, gestão de processos e qualificação dos recursos humanos, ausência de ações de planejamento coletivo para melhoria de suas condições de competitividade são características presentes na maioria das micro e pequenas empresas.

Outro fator que ajuda a corroborar para a não atuação de mais indústrias do setor na geração de energia elétrica é a configuração do mercado de coprodutos da indústria florestal. Ao realizar estudo de caso sobre cadeia produtiva de energia de biomassa florestal no polo produtivo de Itapeva (SP), Simioni *et al.* (2018) identificou a existência de profissionalização do mercado por meio de empresas especializadas na captação, classificação e preparo de coprodutos da indústria madeireira (cascas, cavacos, serragem, maravalha e outros). O estudo identificou ainda o estabelecimento de contratos para o fornecimento de biomassa com contrapartida das empresas especializadas, como fornecimento de picadores para serrarias.

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2019e), de toda a capacidade de geração de energia elétrica com uso biomassa florestal, 79,7% se dá a partir do licor negro, 13,6% a partir de resíduos florestais, 4,0% de gás de alto forno, 1,5% carvão vegetal e 1,2% lenha. Em se tratando de unidades de geração os percentuais referentes a licor negro e coprodutos florestais se invertem, sendo que 57,4% fazem uso de resíduos florestais (coprodutos) e apenas 17,8% de licor negro.

Os números referentes à energia elétrica gerada a partir de biomassa florestal mostram maior concentração e capacidade de geração de energia elétrica por indústrias de celulose, com uso do licor negro, comparativamente às outras indústrias do setor e outras fontes de biomassa florestal. Por outro lado, a geração de eletricidade a partir de coprodutos florestais mostra-se mais distribuída, com um número maior de indústrias e menor potência média de geração por unidade industrial.

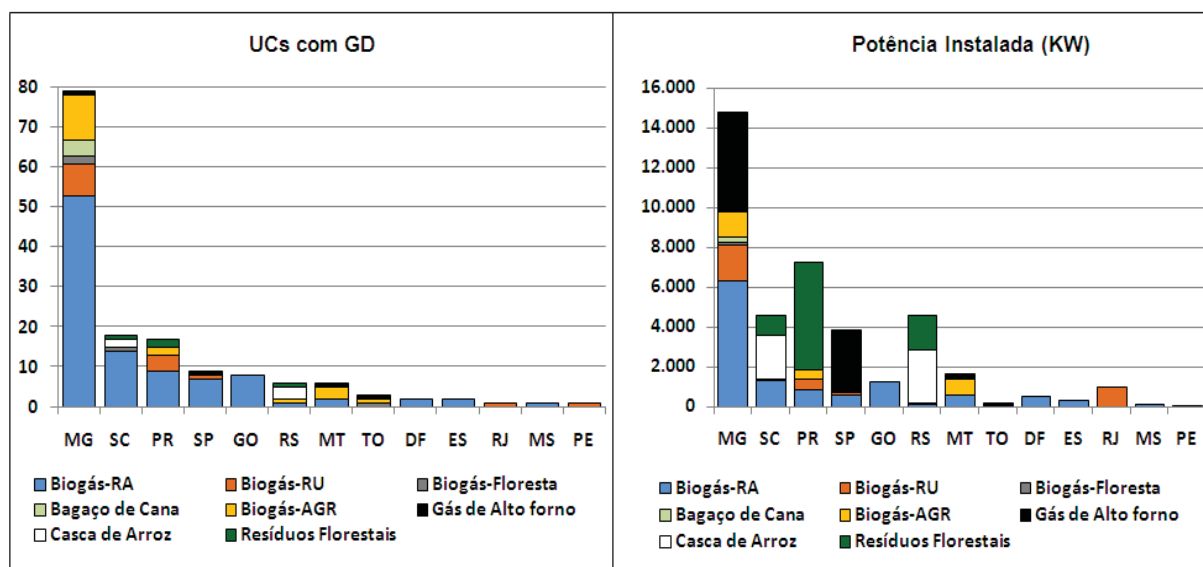
De acordo com os dados da Tabela 1, são 101 unidades de geração de energia elétrica, a partir de biomassa florestal, instaladas no país. Muitas dessas unidades produzem eletricidade excedente e vendem parte no mercado, com a

intenção de reduzir custos de produção e aumentar a receita extra operacional da empresa.

3.4.2 Participação da biomassa florestal na GD de energia elétrica no Brasil

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2019d), a potência instalada de energia elétrica na forma de GD no Brasil é de 962.142,96 kW, em 79.525 unidades geradoras. Desse total, 153 utiliza a biomassa como fonte de energia e se encontram dispersas por 13 Unidades Federativas (UFs). O Gráfico 2 destaca as UFs com GD a partir dos diferentes tipos de biomassa utilizadas na geração e, complementarmente, evidencia a potência instalada.

GRÁFICO 2 – UNIDADES CONSUMIDORAS (UCs) E POTÊNCIA INSTALADA (KW) NA GD COM USO DE BIOMASSA POR UNIDADE FEDERATIVA (2019)



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Agência Nacional de Energia Elétrica (2019d).

O estado de Minas Gerais se destaca na GD com uso da biomassa no Brasil. Esse destaque se dá tanto em número de unidades consumidoras quanto em potência instalada. O biogás de resíduo animal mostra ser a fonte mais disseminada para geração de bioenergia, não só em Minas Gerais, mas também Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Distrito Federal, Espírito Santo e Mato Grosso do Sul.

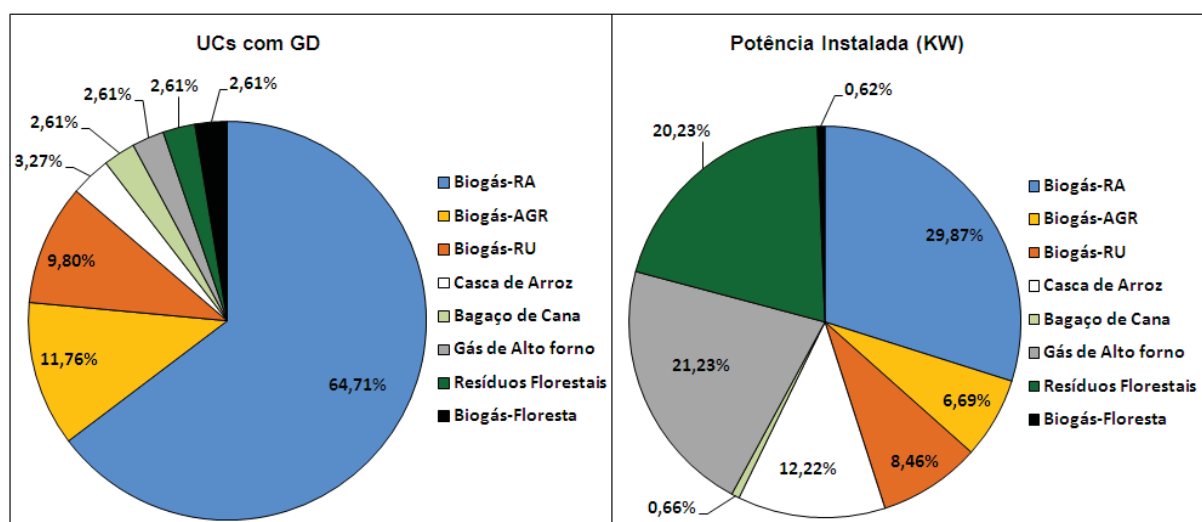
De acordo com os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2019d), somente nos Estados do Sul do Brasil são encontradas termelétricas à base de biomassa florestal, com GD. No estado do Paraná, as termelétricas alimentadas com

coprodutos florestais somam potência instalada de 5.400 kW. Segundo a Agência, a maior termelétrica do Brasil alimentada com coprodutos florestais na modalidade de Geração Distribuída tem potência de 4.900 kW e está localizada no município Carambei (PR). O Estado ainda contempla uma segunda termelétrica com potência de 500 kW, localizada no município de União da Vitória (Sul do Estado).

Ainda de acordo com a Agência, Santa Catarina tem uma unidade com potência de 1.000 kW (município de Braço do Trombuco) e o Rio Grande do Sul de 1.710kW de potência (município de Encruzilhada do Sul). Todas as unidades enquadram-se na modalidade de geração na própria unidade consumidora (clássica).

Ao agrupar as informações de geração distribuída de energia elétrica a partir das diversas fontes de biomassa, inicialmente evidenciadas por UFs, é possível perceber a participação de cada uma dessas fontes em nível nacional (Gráfico 3). Apesar do biogás de resíduo animal ser a fonte de biomassa presente em 64,71% de todas as unidades consumidoras que utilizam biomassa para a GD, ao se observar a potência instalada essa representatividade cai para menos de 1/3 (29,87%). O gás de alto forno é a segunda maior fonte de biomassa para energia elétrica em GD no Brasil e representa 21,23% de toda a potência instalada. O coproduto florestal (20,23%) e a casca de arroz (12,22%) aparecem em terceiro e quarto lugar, respectivamente.

GRÁFICO 3 – PARTICIPAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL NA BIOMASSA TOTAL UTILIZADA NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL (%)



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Agência Nacional de Energia Elétrica (2019d).

Em se tratando de biomassa para energia elétrica, o bagaço de cana de açúcar, apesar de ter importante participação na matriz elétrica nacional, na GD

demonstra uma participação relativamente menor. Isso se deve ao fato da potência média de cada unidade geradora de eletricidade a partir do bagaço de cana – aproximadamente 28.054 kW – estar bem acima do limite de enquadramento na modalidade de minigeração distribuída (5.000 kW).

Com relação às unidades consumidoras com Geração Distribuída, cuja fonte é a biomassa florestal (exceto gás), essas unidades estão situadas no sul do Brasil e, em conjunto, representam 1/5 de toda a potência instalada com uso de biomassa para a Geração Distribuída (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019d).

No Paraná, de acordo com a Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (2018), o eixo produtor de florestas plantadas está concentrado na região Centro-Sul do Estado, que coincide com a distribuição dos principais polos florestais produtores e consumidores de madeira em tora: Jaguariaíva-Arapoti, Telêmaco Borba, Ponta Grossa, Curitiba, Guarapuava e União da Vitória. São nessas regiões, portanto, que a disponibilidade de biomassa florestal para fins de energia elétrica é maior.

Para Maccarini (2016), a utilização efetiva da biomassa florestal para fins de geração de energia elétrica no Brasil, de uma forma geral, encontra-se bem abaixo do potencial. Essa constatação também é verificada em Soares *et al.* (2006) e Wiecheteck (2009).

3.5 COMPETITIVIDADE DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA INDUSTRIAL DO BRASIL

Diversas são as pesquisas que apontam que o custo da energia se mostra como elemento crítico para o empresariado instalado no Brasil. Loper (2017), ao levantar as variáveis críticas do segmento de produção florestal de pinus e eucalipto destaca a variável “custo de energia/combustível” entre as variáveis levantadas.

Já Sotsek (2014), ao realizar estudo prospectivo no segmento de painéis de MDF, no estado do Paraná, utilizando como base para a pesquisa o método de cenários, além de apontar o custo da energia elétrica como uma variável crítica, aponta também a indisponibilidade de energia elétrica. Essas variáveis se potencializam na observância de um cenário pessimista.

Firjan (2011 e 2017) investigou a tarifa de energia elétrica para consumidores de alta tensão, indústrias e grandes consumidores de energia, e percebeu que a

mesma é subdividida em duas partes: consumo e demanda. Segundo o estudo, a tarifa de consumo visa remunerar a energia de fato utilizada, enquanto a tarifa de demanda visa remunerar o serviço de disponibilização da energia elétrica (de potência elétrica) no sistema. Assim, a tarifa de consumo é dada em unidades de energia (R\$/MWh) e a tarifa de demanda em unidade de potência (R\$/kW).

No referido estudo, a tarifa industrial de consumo de energia elétrica brasileira também foi dividida em dois grupos distintos. O primeiro, ligado diretamente a questões operacionais, inclui os custos de Geração, Transmissão e Distribuição (GTD) e a parcela referente às perdas técnicas e não técnicas. O segundo é diretamente relacionado à arrecadação federal e estadual, seja na forma de encargos setoriais, seja na forma de tributos federais e estaduais (PIS/COFINS e ICMS). O comparativo dos estudos está sintetizado na Tabela 2.

TABELA 2 – COMPONENTES DA TARIFA^(*) DE ENERGIA ELÉTRICA INDUSTRIAL, 2011 e 2016

Fatores	Item	2011	2016
Operacionais	Custos de Geração, Transmissão e Distribuição (GTD)	50,3%	59,2%
	Perdas (técnicas e não técnicas)	1,1%	7,3%
	Bandeiras Tarifárias(**)	-	1,7%
Arrecadação do Estado	Encargos setoriais (***)	17,1%	4,8%
	Tributos federais e estaduais (PIS/COFINS e ICMS)	31,5%	27%
Total		100%	100%

Fonte: Adaptado de Firjan (2011 e 2017).

Nota: (*) Os componentes das tarifas aqui retratados se referem a valores médios e não diferenciam modalidade tarifária horária (verde ou azul) nem horário de ponta e fora da ponta. (**) Todos os consumidores cativos das distribuidoras são faturados pelo Sistema de Bandeiras Tarifárias, com exceção daqueles localizados em sistemas isolados. As bandeiras tarifárias passaram a ser cobradas a partir de 2015. O sistema de bandeiras tarifárias apresenta as modalidades verde, amarela e vermelha e indicam se haverá ou não acréscimo no valor da energia a ser repassada ao consumidor final, em função das condições de geração de eletricidade. Cada modalidade apresenta as seguintes características: Bandeira verde - condições favoráveis de geração de energia e a tarifa não sofre nenhum acréscimo; Bandeira amarela - condições de geração menos favoráveis e a tarifa sofre acréscimo de R\$ 1,00 para cada 100 kWh consumidos; Bandeira vermelha Patamar 1 - condições mais custosas de geração e a tarifa sofre acréscimo de R\$ 3,00 para cada 100 kWh consumido; Bandeira vermelha Patamar 2 - condições ainda mais custosas de geração e a tarifa sofre acréscimo de R\$ 5,00 para cada 100 kWh consumido (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019b). Em 21 de maio de 2019 a ANEEL aprovou proposta que altera o valor das bandeiras tarifárias a partir de 1º de junho do mesmo ano. A bandeira amarela passa a R\$ 1,50 a cada 100 kWh, já a bandeira vermelha no patamar 1 custará R\$ 4,00 a cada 100 kWh, e no patamar 2, R\$ 6,00 a cada 100 kWh (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2019f). (***) Referem-se às cobranças presentes na

tarifa de energia elétrica destinadas a subvenções econômicas¹¹, a programas setoriais e manutenção de órgãos do setor.

No final de 2016, o custo médio da tarifa de consumo de energia elétrica industrial foi de R\$504,00/MWh. Isso representa um aumento de 48,2% quando comparada, por exemplo, com a tarifa média de 2013, que era de R\$340,10/MWh. Se comparada com a tarifa média de 2011, de R\$329,00/MWh, o aumento sobe para 53,19% (FIRJAN, 2011 e 2017).

A dependência da fonte hidrelétrica, apesar de apresentar fatores positivos, como baixo custo e fonte renovável, pode apresentar também grandes desafios. Segundo Firjan (2017), um dos principais desafios, é que quase 50% das usinas hidrelétricas são do tipo “a fio d’água”, ou seja, não possuem grandes reservatórios de acumulação, o que deixa o sistema cada vez mais vulnerável à hidrologia.

O autor complementa ainda que essa dependência excessiva da hidrologia somada a períodos de estiagem, como ocorrido no biênio 2014/2015, levou à necessidade de intensificação do acionamento termelétrico com uso de combustíveis fósseis, necessidade de concessão de subsídios do Tesouro Nacional e empréstimos de bancos comerciais para cobrir os altos gastos com a exposição involuntária enfrentada pelas distribuidoras no período. A combinação desses fatores com a política de “realismo tarifário” implantada pelo governo se traduziu em um forte aumento do custo da energia elétrica em 2015.

A mesma realidade é notada também para o ano de 2016 (Tabela 2). O item bandeira tarifária passa a figurar a composição dos custos e os percentuais para a composição da tarifa de energia elétrica industrial sofrem expressivas alterações, quando comparados com o ano de 2011.

¹¹ Consideram-se como subvenções econômicas as dotações orçamentárias destinadas a cobrir a diferença entre os preços de mercado e os preços de revenda, pelo Governo, de gêneros alimentícios ou outros materiais e também as dotações destinadas ao pagamento de bonificações a produtores de determinados gêneros ou materiais (BRASIL, 1964).

3.6 ANÁLISE MULTIVARIADA

3.6.1 Análise Fatorial

Segundo Fávero *et al.* (2009), a análise fatorial é uma técnica multivariada de interdependência cuja ideia básica centra-se na premissa de que é possível representar um conjunto de variáveis observadas por meio de um número menor de fatores intrínsecos. Dessa forma, a técnica permite a simplificação ou redução de um grande número de dados, reduzindo a complexidade e facilitando sua interpretação.

Para Maroco (2007), o objetivo primordial da Análise Fatorial é atribuir uma quantificação (escore) a fatores (constructos) que não são diretamente observáveis. Assim, é possível resumir a informação presente em muitas variáveis em um número reduzido de fatores, não observáveis num primeiro momento.

Uma preocupação que se deve ter ao utilizar a análise fatorial diz respeito ao tamanho da amostra. Para Hair Junior *et al.* (2009), como regra geral, o tamanho mais aceitável é de 10 observações para cada variável. No entanto, segundo Field (2009) se os fatores possuem quatro ou mais cargas maiores que 0,6 então ele é confiável, mesmo a despeito do tamanho da amostra não existindo, portanto, tamanho mínimo.

A análise fatorial com fins exploratórios deve seguir um conjunto de etapas para atingir seu objetivo básico que é agrupar variáveis altamente correlacionadas em conjuntos distintos denominados fatores. As etapas sugeridas por Fávero *et al.* (2009) são: análise da matriz de correlações e adequação da utilização da Análise Fatorial; extração de fatores iniciais e determinação do número de fatores; rotação dos fatores; interpretação dos fatores.

A matriz de correlação mede a associação linear entre as variáveis consideradas e espera-se que as variáveis que apresentarem alta correlação compartilhem o mesmo fator (FÁVERO *et al.*, 2009). Para atender a necessidade de verificar o grau de intercorrelação entre as variáveis e a adequação da Análise Fatorial, utiliza-se a estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Essa estatística apresenta valores que variam entre 0 e 1 e compara as correlações simples com as correlações parciais. Valores próximos de zero indicam que a análise fatorial pode não ser adequada, enquanto valores próximos de 1 (um) indicam que a utilização da técnica é adequada. Segundo Hair Junior *et al.* (2009), a grandeza dessa estatística

sempre deve ser acima de 0,50 antes de proceder com a análise fatorial, sendo a análise inaceitável caso o valor seja igual ou abaixo de 0,50.

Outra forma empregada para examinar a matriz de correlações e verificar a adequação da análise fatorial é o teste de esfericidade de Bartlett. O teste consiste em testar se a matriz de correlação é igual à matriz identidade, o que significa dizer que as interrelações entre as variáveis são iguais a zero, não sendo cabível a utilização da análise fatorial. Segundo Hair Junior *et al.* (2009), no referido teste o *p-value* deve ser significativo, abaixo de 0,05, para que a utilização da análise fatorial seja considerada apropriada.

Para a realização da etapa de extração dos fatores, Fávero *et al.* (2009) sugere que se utilize a Análise dos Componentes Principais (ACP), quando se intenciona resumir a maior parte da informação original (variância) em um número mínimo de fatores. Já a determinação do número de fatores o autor sugere que se utilize os critérios de raiz latente (critério de Kaiser) e gráfico Scree.

No primeiro critério, escolhe-se o número de fatores a reter em função do número de autovalores (*eigenvalues*) acima de 1 (um). Esse critério decorre do fato de que, no mínimo, o componente deve explicar a variância de uma variável utilizada. Já no critério do gráfico Scree, realiza-se a plotagem dos valores da raiz latente (*eigenvalues*) no eixo Y e o número de fatores no eixo X, conforme a ordem de extração, ou seja, ordem decrescente de *eigenvalue*. O ponto a partir do qual o gráfico passa a apresentar comportamento mais horizontal reflete um indicativo do número máximo de fatores a serem extraídos. Maiores detalhes podem ser verificados em Hair Junior *et al.* (2009) e Fávero *et al.* (2009).

Os fatores produzidos na fase de extração não obrigatoriamente são de fácil interpretação. Assim, a terceira etapa consiste na aplicação de um método de rotação, com a intenção de transformar os coeficientes dos componentes principais retidos em uma estrutura simplificada. Quando o objetivo de uso da Análise Fatorial é reduzir o número de variáveis originais, o método de rotação ortogonal Varimax mostra-se como boa opção, pois busca minimizar o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, simplificando assim a interpretação dos fatores. Hair Junior *et al.* (2009) e Fávero *et al.* (2009) salientam que quando a pesquisa tem a finalidade de reduzir o número de variáveis originais, a solução apropriada será resultante de um método ortogonal. Basicamente o que se faz é girar os eixos sem alterar a distância entre os

pontos (coeficientes). Por fim, são realizadas as interpretações cabíveis para os fatores.

3.6.2 Análise de Conglomerados

A análise de conglomerados é utilizada para propor uma taxonomia ou estrutura classificatória de objetos (respondentes, produtos, empresa, etc.) de modo que cada objeto se assemelha aos outros no agrupamento, com base em um conjunto de características escolhidas, mas se diferencia quando comparado aos demais agrupamentos (HAIR JUNIOR *et al.*; 2009, REGAZZI; 2001),

Para Vicini e Souza (2005), a análise de conglomerados, ou análise de *cluster*, se diferencia, portanto, da análise fatorial pelo fato de reduzir o número de objetos, não o número de variáveis. Segundo Malhotra (2006), na análise de conglomerados não existe qualquer informação *apriori* sobre a composição do agrupamento para qualquer um de seus objetos. A análise é baseada em algoritmos e apresenta uma sequência de etapas.

Malhotra (2006) e Fávero *et al.* (2009) sugerem que a sequência de etapas para adequada realização da análise de agrupamentos seja: formulação do problema; análise dos objetos agrupados; seleção da medida de distância; seleção do algoritmo de agrupamento; definição do número de agrupamentos e; interpretação dos agrupamentos.

A etapa referente à formulação do problema diz respeito à escolha das variáveis que nortearão o procedimento de agrupamento. A inclusão de variáveis irrelevantes pode distorcer uma solução potencialmente útil. Desta forma, o conjunto de variáveis escolhidas deve descrever a semelhança entre os objetos em termos relevantes para o problema de pesquisa (MALHOTRA, 2006).

Em se tratando de análise dos objetos a serem agrupados, a utilização de variáveis com escalas ou medidas diferentes também pode distorcer a estrutura do agrupamento. Esse problema pode ser contornado com a padronização das variáveis. De acordo com Vicini e Souza (2005), os dados devem ser tratados (padronizados) nos casos em que as variáveis são medidas em unidades muito diferentes.

Para Fávero *et al.* (2009), as medidas de distância são consideradas medidas de dissimilaridade pelo fato de que quanto maiores seus valores, menor é a semelhança entre seus objetos, sendo o inverso também verdadeiro. Segundo Seidel

et al. (2008, p. 9) “quanto mais próximo de zero for a distância euclidiana, mais similares são os objetos comparados”.

A seleção do algoritmo de agrupamento consiste na etapa seguinte. Hair Junior *et al.* (2009) lembram que os algoritmos de agrupamentos mais comumente utilizados são hierárquico e não-hierárquico e que um contexto particular pode sugerir um método em vez de outro. Para os autores, se pode examinar vantagens e desvantagens de cada método para determinar qual é mais adequado para um dado ambiente de pesquisa.

Para Hair Junior *et al.* (2009), as soluções hierárquicas são preferidas quando todas as soluções alternativas devem ser examinadas, quando o tamanho da amostra é moderado (abaixo de 300-400), quando o número de agrupamentos não é conhecido e quando não há observações atípicas que provocam preocupação.

A próxima etapa do procedimento é a determinação do número de agrupamentos (regra de parada). Hair Junior *et al.* (2009) salientam que não há um critério único nem tão pouco melhor. Variação percentual de heterogeneidade é a regra mais difundida, contudo o autor sugere que se empregue mais regras de parada e se busque uma solução que seja consenso.

Aumento percentual no coeficiente de aglomeração é calculado para cada solução. Desta forma, selecionam-se soluções de agrupamento como potencial solução final quando o aumento percentual é consideravelmente maior do que o ocorrido em outros passos (HAIR JUNIOR *et al.*, 2009). Para Fávero *et al.* (2009), quando se verifica um grande aumento, deve-se selecionar a solução anterior, com base no entendimento de que sua combinação provocou um aumento substancial de heterogeneidade.

Por fim, o estágio de interpretação consiste no exame de cada agrupamento, em termos da variável estatística de agrupamento, com intuito de nomear ou identificar um rótulo apropriado para descrever a natureza dos grupos (HAIR JUNIOR *et al.*, 2009).

3.7 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

As técnicas de análise de investimentos podem ser divididas em dois grupos: técnicas que servem para selecionar projetos e técnicas que servem para gerar indicadores adicionais para os projetos já selecionados. Na primeira categoria estão

os chamados Métodos Robustos de Alternativas de Investimentos como o Valor Presente Líquido (VPL). Já na segunda categoria estão os chamados Métodos Classificatórios (ou de corte), como o Método da Taxa Interna de Retorno (TIR), Método do Índice de Benefício/Custo (IBC) e Método do Período de Recuperação do Capital (Pay-back). (SOUZA; CLEMENTE, 2015)

Para Oliveira (2008), Eletrobrás *et al.* (2008), Puccini (2011), Ryba *et al.* (2012), Nunes (2016), Bruni e Famá (2017), os métodos citados são os mais difundidos para a análise de investimentos.

Conforme pode ser observado nos trabalhos de Wiecheteck (2009), Seratto (2010), Reis e Reis (2017), Ribeiro (2018), é prática comum, para análise de viabilidade econômica de termelétricas alimentadas com biomassa florestal, utilizar indicadores como Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Índice Benefício/Custo, o Tempo de Recuperação do Capital. Complementarmente, de posse dos resultados dos métodos citados, outras análises podem somar positivamente no entendimento desses resultados como, por exemplo, a análise de sensibilidade.

3.7.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de Atratividade é a taxa entendida como minimamente necessária para um investimento ser atrativo. Para Puccini (2011), cada organização deve definir qual a taxa de retorno mínima aceitável em suas decisões de investimento. De acordo com Rebelatto (2004), é necessária a definição prévia de uma taxa para servir como parâmetro de aceitação (ou rejeição) de um determinado projeto de investimento. Essa taxa deve ser a taxa mínima alcançada em um investimento para que ele seja viável economicamente, isto é, a taxa mínima de retorno do capital investido, para que um projeto econômico seja implementado.

Segundo Gitman (2007), a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), quando se trata de pessoa jurídica, deve levar em consideração, além da taxa de remuneração do capital, uma taxa para remunerar o risco. Castro e Lyra Filho (2005), ao tratar do setor elétrico brasileiro, já salientavam que seja na situação da época ou em expectativa futura, os riscos de investimentos e de contratação de energia são inerentes ao setor elétrico.

Gonçalves (2015) entende que as taxas de retorno previstas para os investidores do setor elétrico ficaram muito distantes do necessário para atrair os investimentos desejados. De forma prática, o autor entende que as taxas internas de retorno oferecidas e calculadas a partir da média entre as taxas oriundas das diversas fontes de financiamento, têm sido sistematicamente menores do que o retorno entendido como adequado para remunerar apropriadamente tais investimentos, dado o seu nível de risco.

Dessa forma, corroboram com o entendimento de Gonçalves (2015) os trabalhos que fazem uso de TMA mais elevada, tais como: Dassi *et al.* (2015) e Bueno (2018) que avaliaram a viabilidade econômica da implantação de sistema fotovoltaico e utilizaram TMA de 10%; Macedo *et al.* (2017), ao analisar a viabilidade econômico-financeira de um potencial parque de geração de energia eólica em diferentes localidades do Brasil e estimou TMA de 13,12%; Ribeiro (2018), que realizou análise técnica e econômica da produção de energia termelétrica utilizando como fonte a biomassa florestal e destacou que projetos de energia costumam utilizar TMA real de 10% a 12% ao ano.

3.7.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Para Souza e Clemente (2015, p.91) o método do Valor Presente Líquido “é a técnica robusta de análise de investimento mais conhecida e utilizada”. Para os autores, o método consiste na concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero, utilizando como taxa de desconto a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Para Puccini (2011), o projeto deve ser aceito no caso do VPL ser positivo. De acordo com Assaf Neto (1992), VPL negativo evidencia um retorno inferior à taxa mínima requerida, mostrando-se desinteressante sua aceitação. Assim, por dedução, quanto maior e mais distante de zero estiver VPL, mais interessante mostra-se o projeto em estudo.

3.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero. A atratividade, do ponto de vista financeiro, de um projeto é identificada

ao comparar a TIR com a TMA. A regra para decisão sobre a TIR está na sua grandeza relativa. Segundo Souza e Clemente (2015), se a TIR for maior que a TMA o projeto mostra-se viável.

Sampaio Filho (2008) lembra que a TIR eventualmente pode apresentar mais de uma solução. Isso é possível em projetos que tenham várias inversões de sinal entre fluxos de caixa positivos e negativos. Projetos com essa característica são denominados não convencionais. Norstrom (1972) demonstrou que o fluxo de caixa não convencional admitirá uma única solução positiva para a TIR, desde que: o primeiro fluxo seja negativo; o último positivo; a soma algébrica dos fluxos seja positiva; e não haja mais de uma variação de sinal na soma algébrica dos fluxos de caixa, acumulados em cada período.

3.7.4 Índice Benefício Custo (IBC)

O Índice Benefício Custo é uma medida de quanto se ganha por unidade de capital investido. Trata-se de um aprimoramento da taxa média de remuneração do capital investido no projeto e uma variante do método do Valor Presente Líquido. Genericamente o indicador é uma razão entre o fluxo esperado de benefícios de um projeto e o fluxo esperado de investimentos necessários para realizá-los. Possibilita identificar o ganho adicional por unidade de capital investido (SOUZA e CLEMENTE, 2015).

3.7.5 Período de Recuperação do Investimento (Pay-back)

De acordo com Souza e Clemente (2015), o Período de Recuperação do Investimento (*pay-back*) corresponde ao número de períodos necessários (tempo) para se recuperar o investimento realizado. Seu cálculo corresponde à soma dos valores dos benefícios, período a período de forma acumulativa, até que essa soma se iguale ao valor do investimento inicial.

Contudo, a Eletrobrás *et al.*, (2008) lembram que o tempo de retorno de capital pode ser descontado ou não. No caso de não descontado, leva-se em consideração apenas o custo do investimento e o benefício que este trará, sem considerar o custo do dinheiro no tempo. No caso do *pay-back* descontado, o custo do dinheiro no tempo é considerado.

A informação que o *pay-back* descontado oferece é referente ao período necessário para que o investidor retome o dinheiro que fora investido, considerando uma taxa de desconto, e a partir daí comece a obter ganhos de capital (OLIVEIRA, 2008). A metodologia do tempo de retorno descontado tem o adicional de ser calculado a partir de um fluxo descontado, o que retira o problema da não consideração do valor do dinheiro no tempo. Mede-se o tempo necessário para que o valor presente acumulado dos benefícios do projeto pague o valor presente do investimento (ROSS *et al.*, 2013).

3.7.6 Análise de Sensibilidade

Segundo Gitman (2007), a análise de sensibilidade é um enfoque prático para tratar o problema das incertezas e o método tradicional consiste em medir o efeito produzido na rentabilidade do investimento, ao se variar uma determinada variável do fluxo de caixa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 COLETA DE DADOS

A população de interesse da pesquisa faz parte do setor da indústria de fabricação de produtos de madeira do município de Guarapuava (PR). Suas especificidades estão descritas nas subseções seguintes.

O município de Guarapuava (PR) apresenta área territorial de 3.177,6 km², encontra-se a uma altitude de 1.098 metros, situa-se na Mesorregião Centro-Sul Paranaense e faz divisa com os municípios de Turvo, Prudentópolis, Irati, Inácio Martins, Pinhão, Cândói, Cantagalo, Goioxim e Campina do Simão (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2019)

O motivo de escolha do município de Guarapuava se ampara na importância que a indústria de base florestal tem para o município. Apesar da indústria da madeira iniciar sua participação histórica com a extração da madeira, esta indústria que movimenta o setor industrial da região. As áreas de floresta plantada favorecem as atividades que têm como base a madeira, dando origem a diversos produtos (BRAVIN, 2011).

Essa importância da indústria da madeira para o município se manteve com o passar do tempo. De acordo com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (2019), os subsetores da indústria da madeira, mobiliário, papel, papelão, editorial e gráfica juntos somam 146 estabelecimentos e geram 3.891 empregos formais no município. Esse número de empregos com carteira assinada corresponde a 9,24% do total do emprego formal no município.

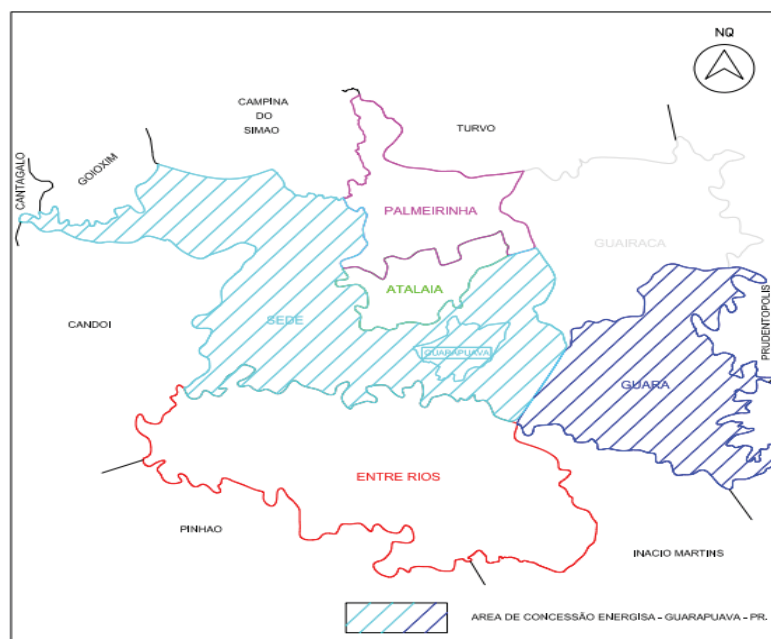
4.1.1 Abrangência espacial do estudo e origem dos dados

Em termos espaciais, a pesquisa abrange apenas parte do município. A abrangência parcial se deve ao fato da RN nº 482/2012 da ANEEL, referente à geração distribuída, não permitir a geração no espaço de concessão de uma distribuidora e o consumo em espaço de outra concessão.

Isso porque de forma atípica, o município de Guarapuava é atendido por duas distribuidoras de energia elétrica: Energisa e Copel. A empresa Energisa é responsável pela distribuição de energia elétrica no Distrito Sede e Distrito Guará. Já

a Copel detém a concessão da distribuição de eletricidade nos distritos da Palmeirinha, Atalaia, Guairacá e Entre Rios. A Figura 2 destaca a área de concessão da Energisa, sendo a área remanescente de concessão da Copel.

FIGURA 2 – MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA POR DISTRITO



Fonte: Energisa Distribuidora (2019).

Considerando que a mini e microgeração distribuída deve, por questões regulatórias, ocorrer na mesma área de concessão da distribuidora, optou-se por limitar a área de abrangência espacial do estudo à área de atuação da Distribuidora Energisa, por ser a área de concentração do maior número de indústrias no município.

A origem dos dados de uma pesquisa pode ser primária ou secundária. Os dados utilizados nesta pesquisa são, na sua maioria, de natureza primária, coletados por meio de entrevista com aplicação de questionário. Os dados secundários se referem às especificações técnicas definidas por empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia. Segundo Mattar (2008, p. 41), os dados primários, diferentes dos dados secundários, “são aqueles que não foram antes coletados, estando ainda em posse dos pesquisados, e que tem o propósito de atender às necessidades específicas da pesquisa em andamento”. A grande vantagem de se fazer uso de dados primários está no fato de que atendem às necessidades da pesquisa, além de serem extremamente atualizados.

4.1.2 Critério de definição das empresas participantes da pesquisa

A indústria participante da pesquisa é a Indústria de Fabricação de Produtos de Madeira, que corresponde a uma divisão da indústria da transformação. O critério de definição das indústrias participantes da pesquisa seguiu a Classificação Nacional de Atividade Econômica, CNAE, em sua versão mais atualizada, a CNAE-Subclasses 2.3. O Quadro 2 mostra a descrição, desde a seção de atividade econômica até a subclasse de atividade econômica:

QUADRO 2 – DESCRIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE INTERESSE DA PESQUISA

Seção de atividade econômica	Divisão de atividade econômica	Grupo de atividade econômica	Classe de atividade econômica	Subclasse de atividade econômica
Indústria de transformação	Fabricação de produtos de madeira	Desdobramento de madeira	Desdobramento de madeira	Serrarias com desdobramento de madeira
				Serrarias sem desdobramento de madeira - resserragem
				Serviço de tratamento de madeira realizado sob contrato
		Fabricação de produtos de madeira, cortiça e material trançado, exceto móveis	Fabricação de madeira laminada e de chapas de madeira compensada, prensada e aglomerada	Fabricação de madeira laminada e de chapas de madeira compensada, prensada e aglomerada
			Fabricação de estruturas de madeira e de artigos de carpintaria para construção	Fabricação de casas de madeira pré-fabricadas
				Fabricação de esquadrias de madeira e de peças de madeira para instalações industriais e comerciais
				Fabricação de outros artigos de carpintaria para construção
			Fabricação de artefatos de tanoaria e de embalagens de madeira	Fabricação de artefatos de tanoaria e de embalagens de madeira
			Fabricação de artefatos de madeira, palha, cortiça, vime e material trançado não especificados anteriormente, exceto móveis	Fabricação de artefatos diversos de madeira, exceto móveis
				Fabricação de artefatos diversos de cortiça, bambu, palha, vime e outros materiais trançados, exceto móveis

Fonte: Comissão Nacional de Classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (CONCLA/IBGE, 2019).

A identificação das indústrias foi realizada a partir do Sindicato das Indústrias de Madeira, Serrarias, Beneficiamentos, Carpintaria e Marcenaria, Tanoarias, Compensados e Laminados, Aglomerados e Embalagens de Guarapuava – SINDUSMADEIRA. O sindicato representa a Indústria de Fabricação de Produtos de Madeira no Município de Guarapuava e “foi constituído para fins de estudo, coordenação, proteção e representação legal da categoria econômica das Indústrias de Madeira de Guarapuava e região” (SINDUSMADEIRA, 2019, p. 1).

O SINDUSMADEIRA abrange empresas de sete municípios, a saber: Guarapuava, Cantagalo, Turvo, Pinhão, Virmond, Laranjeiras do Sul e Pitanga. No total, são 68 (sessenta e oito) empresas representadas pelo sindicato. No município de Guarapuava está o maior número de empresas, atualmente com 47 (quarenta e sete). A pesquisa contemplou todas as indústrias em atividade e constante nos registros do Sindicato, enquadradas na classificação das indústrias de interesse (Quadro 2), cuja localização se dá na área de concessão da Distribuidora Energisa em Guarapuava, sendo 32 (trinta e duas).

4.1.3 Critério de identificação do porte das indústrias participantes

Quanto à classificação do porte das empresas, não existe critério único ou consenso, tanto nacional quanto internacionalmente (PUGA; 2002, MARTINS; 2014, MARTINS *et al.*; 2016, GUIMARÃES *et al.*; 2018).

Para caracterização do porte das empresas, mesmo na ausência de unanimidade, os dois critérios¹² mais aceitos são: o número de pessoas ocupadas e o valor da receita bruta anual. O Quadro 3 detalha a classificação de porte utilizada para as indústrias participantes da pesquisa.

¹² Os órgãos representativos do setor utilizam tanto um como outro critério, já as instituições financeiras, como o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Banco do Nordeste do Brasil (BNB), entre outras, utilizam a receita bruta anual (SILVA NÉTO e TEIXEIRA, 2011).

QUADRO 3 – CLASSIFICAÇÃO DO PORTE DAS INDÚSTRIAS COM BASE NO NÚMERO DE PESSOAS OCUPADAS

Classificação	Número de pessoas ocupadas
Microempresa	até 19
Pequena Empresa	de 20 a 99
Média Empresa	100 a 499
Grande Empresa	a partir de 500

Fonte: SEBRAE (2014, p.23)

De modo geral, o valor da receita bruta anual tem sido o critério utilizado para fins fiscais e acesso ao crédito. Já para a realização de estudos, pesquisas e levantamento estatísticos, usa-se o critério do número de pessoas ocupadas (SILVA NÉTO; TEIXEIRA, 2011). Dessa forma, o critério utilizado para definição do porte das indústrias estudadas nessa pesquisa foi o número de pessoas ocupadas.

4.1.4 Levantamento de dados e procedimentos para coleta

O critério utilizado para levantar as informações necessárias à realização desta pesquisa é identificado por Vieira (2009, p.7-8) como de “levantamento de dados feito por entrevista face a face”, sendo fechada a maior parte das questões. Como os dados foram analisados por meio de ferramenta estatística, as perguntas foram apresentadas exatamente com as mesmas palavras, sempre na mesma ordem e com as mesmas opções de respostas a todos os respondentes, ou seja, o questionário foi “estruturado não disfarçado”¹³.

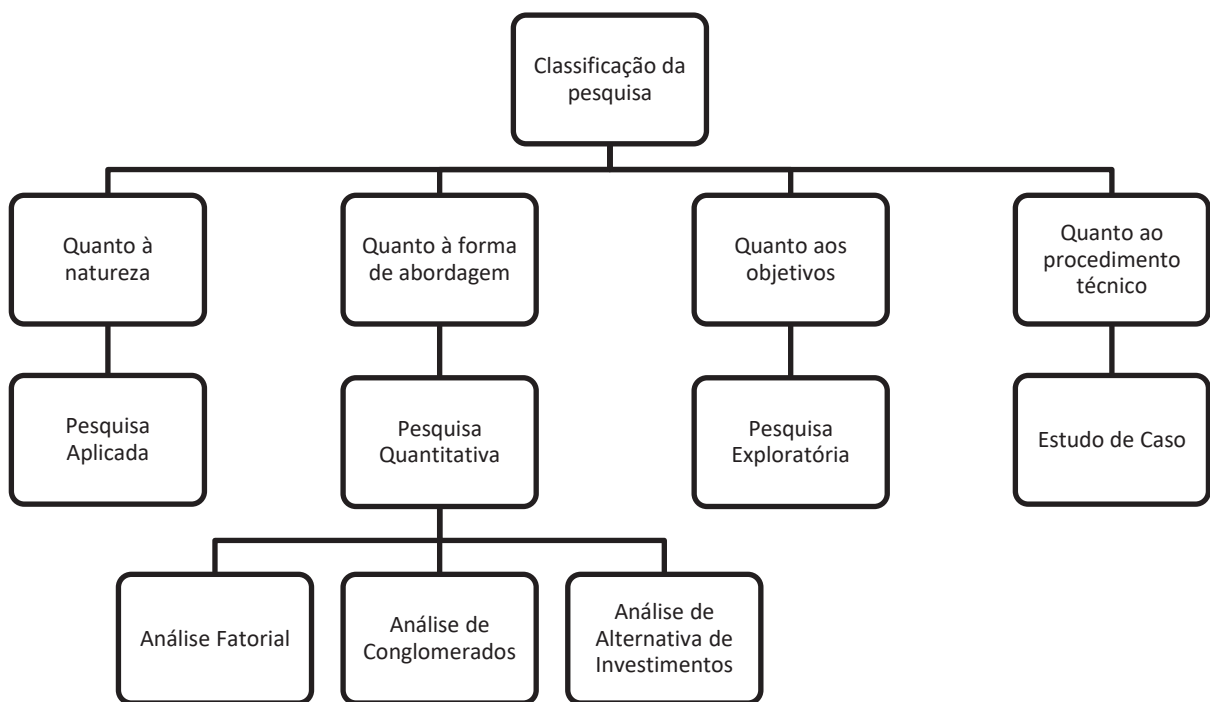
As entrevistas com aplicação de questionário (Anexo 1), importante etapa da coleta de dados primários, ocorreram entre 10 e 31 de maio de 2019. A pessoa entrevistada, na maioria dos casos, foi o proprietário da empresa e eventualmente o gerente administrativo. Após tabulação dos dados, recorreu-se à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia, para levantar as especificações técnicas e orçamento dos projetos.

¹³ Conforme Mattar (2008, p. 65)

4.2 PROCEDIMENTOS E ANÁLISES

O enquadramento classificatório¹⁴ dos procedimentos realizados nessa pesquisa está sintetizado na Figura 3.

FIGURA 3 – CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA



Fonte: O autor (2019).

A presente pesquisa configura-se como sendo de natureza aplicada, pois objetivou gerar conhecimento para aplicação prática direcionada à solução de problemas específicos. Com relação à forma de abordagem, a pesquisa foi quantitativa, pois fez uso de recursos e técnicas estatísticas, detalhadas posteriormente.

Para obter maior ganho analítico, a pesquisa fez uso de integração de abordagens, com uso de análise fatorial, análise de conglomerados e análise de investimentos. Detalhamentos e vantagens da integração de abordagens são

¹⁴ Maiores detalhamentos são discutidos em Gil (1999), Lakatos e Marconi (1993), Silva e Menezes (2005), Gil (1991 e 2009) e Yin (2010).

descritos em Paranhos *et al.* (2016) e Small (2011). No tocante aos objetivos, a pesquisa foi classificada como exploratória, com estudo de caso¹⁵.

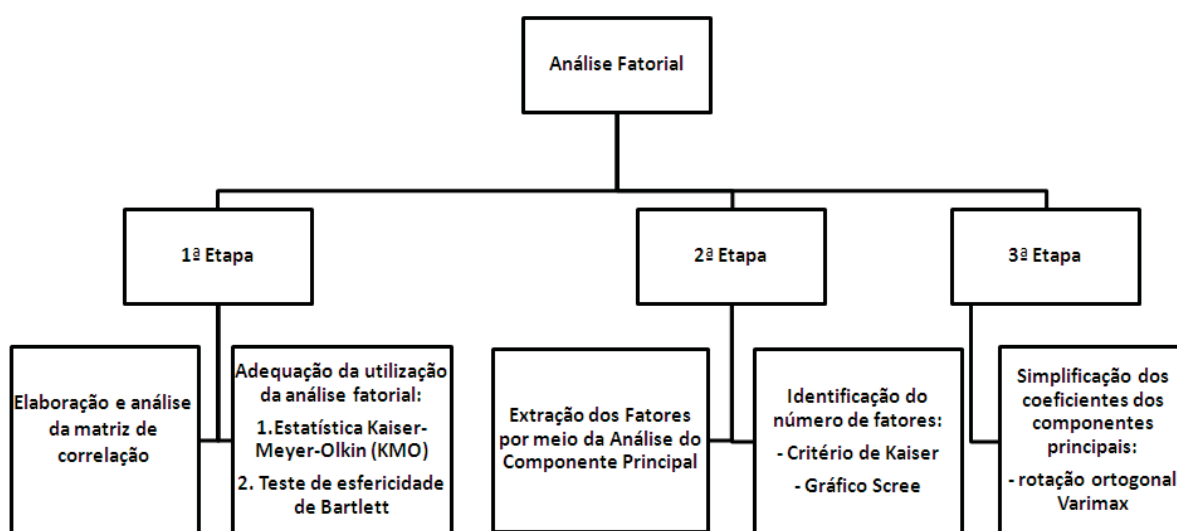
4.2.1 Análise Fatorial

Para realização da Análise Fatorial, o tamanho da população seguiu as considerações mínimas no que se refere ao tamanho da amostra proposta por Hair Junior *et al.* (2009).

Na presente pesquisa se fez uso da análise fatorial para reduzir o número de variáveis, adquiridas com a aplicação de questionário junto às indústrias. As questões (variáveis) que foram reduzidas a fatores são 1 à 13 do “Questionário para Análise Fatorial e de Agrupamento das Empresas” (ver Anexo 1). A análise fatorial possibilita sintetizar e compreender as variáveis, uma vez que quanto maior o número de variáveis, mais complexo é seu entendimento e interpretação.

As etapas seguidas para realização da referida análise estão sintetizadas na Figura 4.

FIGURA 4 – ETAPAS DA ANÁLISE FATORIAL



Fonte: O autor (2019).

¹⁵ Gil (2009) entende ser possível definir estudo de caso mediante a identificação de suas características essenciais: é um delineamento de pesquisa (não se trata de um método, técnica ou tática para coletar dados); preserva o caráter unitário do fenômeno pesquisado (um indivíduo, um grupo, etc.); não separa o fenômeno do seu contexto (não restringe o número de variáveis a serem estudadas); é um estudo em profundidade (não superficial); requer múltiplos procedimentos de coleta de dados (entrevistas, observações, etc.).

Seguindo as etapas do processo, a primeira consistiu na elaboração e análise da matriz de correlação. Em seguida verificou-se a adequação da utilização da análise fatorial, com uso da estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), para Fávero *et al.* (2009), calculada pela seguinte equação:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum_{i \neq j} \sum a_{ij}^2} \quad (1)$$

Em que:

KMO = Kaiser-Meyer-Olkin

r_{ij} = coeficiente de correlação entre variáveis;

a_{ij} = coeficiente de correlação parcial.

Complementarmente se verificou adequação da análise fatorial por meio do teste de esfericidade de Bartlett. Na sequência se buscou extrair e identificar o número ideal de fatores. A extração dos fatores se deu por meio da Análise dos Componentes Principais (ACP). Já para determinação do número de fatores, foram utilizados conjuntamente os critérios de raiz latente (critério de Kaiser) e gráfico Scree.

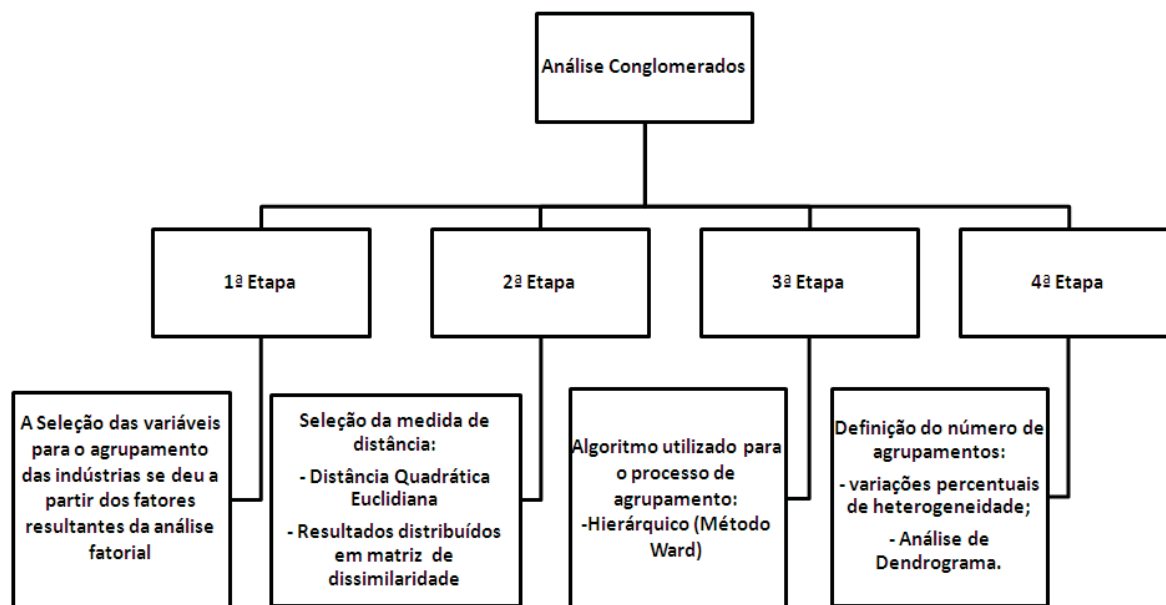
Na seguinte se buscou transformar os coeficientes dos componentes principais em uma estrutura simplificada com uso do método de rotação ortogonal Varimax. Por fim, nominou-se o conjunto de variáveis de cada fator, levando em consideração a carga fatorial de cada variável. Todos os passos estão detalhados na revisão de literatura.

4.2.2 Análise de Conglomerados

A utilização da análise de conglomerados objetivou propor uma estrutura classificatória para as indústrias de produtos de madeira que participaram da pesquisa. Essa classificação se deu de modo que as indústrias assemelhadas se concentraram em um mesmo agrupamento, tendo como critério de definição os fatores identificados com a análise fatorial. Já as empresas com características diferentes das primeiras foram alocadas em outro(s) agrupamento(s).

As etapas para a formação dos agrupamentos de indústrias, com uso da análise de conglomerados, estão sintetizadas na Figura 5.

FIGURA 5 – ETAPAS DA ANÁLISE DE CONGLOMERADOS



Fonte: O autor (2019).

A sequência das etapas percorridas para realização da análise de agrupamentos seguiu a proposta de Malhotra (2006) e Fávero *et al.* (2009). Na etapa da formulação do problema, determinaram-se as variáveis que nortearam o procedimento de agrupamento das empresas, sendo essas reduzidas a fatores, mediante utilização de Análise Fatorial¹⁶. A partir desses fatores iniciou-se a análise de agrupamento. Não foram identificadas grandezas destoantes (*outliers*), justificado no fato de que os agrupamentos realizados partiram de fatores, desprovidos de grandezas destoantes, sendo desnecessária a padronização das variáveis, pois inexitem escalas de medidas diferentes.

Na sequência se utilizou a métrica de distância (Distância Quadrática Euclidiana¹⁷), que matematicamente pode ser expressa por:

¹⁶ A utilização de fatores para realização da análise de agrupamento, apesar de ser uma estatística robusta, não é algo novo. Sua utilização é sugerida no trabalho de Figueiredo *et al.* (2014), que fez uso da combinação de análises para mensurar qualidade de políticas públicas.

¹⁷ Segundo Hair Junior *et al.* (2009), é recomendada quando os métodos de agrupamentos são centróide e Ward.

$$d_{ij}^2 = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (2)$$

Em que:

d_{ij}^2 = Distância Quadrática Euclidiana;

x_{ik} = valor da variável k, referente a observação i;

x_{jk} = valor da variável k, referente a observação j.

Após os resultados serem distribuídos em uma matriz (de dissimilaridade), o passo seguinte consistiu em determinar o algoritmo utilizado para o processo de agrupamento (método de agregação utilizado), sendo esse o hierárquico. O método de Ward¹⁸ foi utilizado como algoritmo aglomerativo (hierárquico).

A etapa que seguiu diz respeito a definição do número de agrupamentos. Definiu-se o número de agrupamentos tendo por base as variações percentuais de heterogeneidade. Na intenção de buscar consenso sobre o número adequado de agrupamentos, optou-se também por definir o número de agrupamentos com base na visualização gráfica do dendrograma.

De posse dos agrupamentos, conforme as características de cada grupo, foi possível identificar o potencial de cada empresa na participação em consórcio de geração compartilhada e distribuída de energia elétrica.

4.2.3 Procedimentos para a análise de investimentos

De posse da definição dos agrupamentos de indústrias, porém antes da análise de investimentos propriamente dita, se fez necessário definir metodologicamente o caminho percorrido para formatação dos projetos de geração.

Nem todas as empresas têm perfil de serem parceiras ideais de um projeto coletivo, como o caso de um consórcio. O grupo de empresas de interesse da

¹⁸ Reis (2001) resume o método Ward nas seguintes etapas: a) Calculam-se as médias das variáveis para cada grupo; b) Calcula-se o quadrado da distância euclidiana entre estas médias e os valores das variáveis para cada indivíduo; c) Somam-se as distâncias para todos os indivíduos; d) minimiza-se a variância dentro dos grupos. Segundo Fávero *et al.* (2009), pelo fato do método trabalhar com valores ao quadrado, mostra-se consequentemente mais sensível a grandeza das observações. Esse motivo, somado ao fato de se estar tratando de “amostra” classificada como tamanho moderado, contribuiu para definição do método de agrupamento selecionado.

pesquisa foi aquele identificado por análise de agrupamentos como parceiros ideais para um consórcio. Para esse grupo foi realizado projeto com capacidade de geração justa, dentro da necessidade média de consumo de energia elétrica das empresas e também geração com folga, para atender com maior segurança e gerar créditos para eventual necessidade futura. Para esses projetos deu-se a nomenclatura de A1 e A2, respectivamente.

Com a pesquisa de campo, para aplicação de questionário, se identificou que a maior parte das indústrias compra energia no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e apenas duas compram energia elétrica no Ambiente de Contratação Livre (ACL). Na possibilidade das referidas empresas fazerem parte do grupo de projeto A, de interesse da pesquisa, considerando que a liberação para essas migrarem para o ACR pode levar até 5 anos, mostrou-se necessário pensar o grupo de projeto B, que considerasse a não liberação dessas empresas, uma vez que é condição *sine qua non* estar no ACR para participar do projeto.

A necessidade de se pensar no grupo de projeto B se amparou também na eventual possibilidade da potência de geração do projeto A ser excessivamente baixa, a ponto de dificultar a obtenção de turbina adequada para atendê-lo. A Empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia, A1 Engenharia (2019), por exemplo, disponibiliza apenas turbinas com potência a partir de 250 kW, até o limite de 2.500 kW.

Dessa forma, definiu-se pela elaboração de dois grupos de Projetos, A e B, detalhados no Anexo 4. O grupo de Projetos B foi pensado como uma alternativa que não contempla apenas o grupo de empresas definido como parceiros ideais e incluiu também um agrupamento de empresas que minimamente acreditam nos bons resultados de parcerias. Também, caso as duas empresas citadas façam parte do grupo de projetos A, nesse projeto considera-se a migração imediata das duas empresas para o ACR e o grupo de Projetos B despreza o retorno. Dessa forma essas duas empresas participam do grupo de projetos A, mas não do grupo de projetos B.

Tal qual o grupo de projetos A, para o grupo de projetos B também se realizou estudo de geração relativamente justa (B1) e outro com excedente de geração (B2). Dessa forma, os grupos de projetos A e B foram subdivididos em dois projetos, diferenciando-os por potência de geração (Quadro 4).

Os projetos com folga de potência passam uma tranquilidade maior às empresas consorciadas no sentido de possibilitar maior volume de créditos a serem

consumidos dentro do prazo legal, atualmente de 60 meses, além de darem maior margem de segurança para os períodos de parada para manutenção da planta de geração.

QUADRO 4 – CARACTERÍSTICAS DOS PROJETOS DE GERAÇÃO

Grupos de Projetos	Projetos de geração	
	Justa (1)	Com folga (2)
A	A1	A2
B	B1	B2

Fonte: O autor (2019).

Para definir a potência de geração de energia elétrica nos projetos, realizou-se o levantamento do histórico de consumo (ver os Anexos 2, 3 e 4), no momento da aplicação do questionário, junto à cada uma das empresas participantes da pesquisa. De posse desse levantamento calculou-se a média¹⁹ (aritmética simples) de consumo dos últimos doze meses, com uso da seguinte expressão:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

Em que:

\bar{x} = Média aritmética (simples);

n = Número de elementos de um conjunto;

x_i = Elemento de um conjunto.

Partindo da média de consumo mensal de energia elétrica, foi possível identificar a potência da termelétrica que atende à necessidade das empresas participantes (consórcio), tornando possível definir os detalhes técnicos dos projetos, junto à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia.

¹⁹ Conforme Sartoris (2003).

De posse da medida de energia (kWh) se identificou a medida de potência (kW), que conforme Lemes (2019) é dada por:

$$P = \frac{E}{\Delta T} \quad (4)$$

Em que:

P = Potência Elétrica (kW);

E = Energia (kWh);

ΔT = Intervalo de tempo (horas).

Um agravante para encontrar empresas de engenharia dispostas a participar na elaboração de proposta comercial residiu no fato do projeto em estudo ser considerado de pequena dimensão, sob a ótica da potência de geração. Desta forma, apenas uma empresa manifestou interesse na elaboração de proposta comercial contributiva para a pesquisa.

No presente estudo, levou-se em consideração o sistema de geração pura de eletricidade em ciclo a vapor (Rankine²⁰), conforme Anexo 5, e não o sistema de geração combinada de calor e eletricidade (cogeração²¹). Maiores detalhamentos sobre os dois sistemas podem ser encontrados em Barja (2006).

A escolha por sistema de geração pura está associada ao perfil das indústrias envolvidas na pesquisa. Essas indústrias têm disponibilidade de combustível (geração pura) e não de vapor (cogeração). No segundo sistema a quantidade necessária de vapor é muito maior que o primeiro, além de se considerar a condição especial de que se deve gerar vapor com alta pressão e consumir com baixa pressão – com grande vazão como 20t, 40t, 50t, 100t. Nenhuma das empresas consideradas apresentou esse perfil, principalmente por se tratar de empresas de menor porte.

A opção pela geração pura se ampara também na necessidade de se manter forte os laços de relação e confiança entre as empresas consorciadas. A cogeração

²⁰ Maiores detalhamentos do ciclo podem ser verificados em Quoilin (2008) e Moraes (2017).

²¹ Segundo o Conselho Mundial de Energia (2001), cogeração significa a produção simultânea e sequencial de duas ou mais utilidades - calor de processo e potência mecânica e (ou) elétrica, a partir da energia disponibilizada por um ou mais combustíveis.

implicaria na utilização da biomassa das empresas participantes para gerar energia elétrica para o grupo, mas energia térmica para apenas uma das empresas. Dessa forma, o benefício diferenciado para uma das empresas em detrimento das demais poderia comprometer a boa relação e principalmente a confiança entre as participantes do consórcio.

Para Nascimento (2014), a confiança numa relação de consórcio empresarial é essencial, ainda mais ao considerar que os participantes cooperam e competem na mesma indústria, influenciando no alcance dos bons resultados do projeto.

4.2.4 Formação do fluxo de caixa para análise de investimentos

Todo o projeto de investimento tratado na presente pesquisa foi de ciclo de vida determinado (25 anos), compatível com o utilizado na pesquisa de Ribeiro (2018), que objetivou realizar análise técnica e econômica da produção de energia termelétrica, utilizando como fonte a biomassa florestal. O período de vida útil dos projetos também é compatível com os contratos de empreendimentos de geração de fonte termelétrica à biomassa resultantes dos leilões de geração, promovidos pela agência reguladora, conforme AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2020b).

4.2.4.1 Saídas de caixa

No que se refere à composição das saídas de recursos no fluxo de caixa, considerou-se o entendimento de Tolmasquim (2016). Para o autor, os desembolsos envolvidos na geração de energia elétrica podem ser classificados em dois grupos: investimento e custos de geração (operação e manutenção e relacionados a consumo de combustível).

Com relação ao capital de giro, o mesmo mostrou-se desnecessário para os projetos e não foi considerado na análise. Segundo Timofeiczky Junior (2004), o capital de giro mostra-se necessário em projetos de investimentos em que as despesas se antecedem às receitas. No caso dessa pesquisa, tão logo o projeto se inicia, as empresas participantes sofrem desoneração na compra da energia elétrica junto à distribuidora local, pois passam a gerar sua própria energia. A desoneração é imediata e, assim, as despesas não se antecedem à receita.

a) Investimento e reinvestimento

Os bens móveis, imóveis e equipamentos necessários à execução dos projetos foram orçados junto a fornecedores especializados, contendo o frete e montagem, quando necessário. A relação dos mesmos consta no Quadro 5.

QUADRO 5 – DETALHAMENTO DOS INVESTIMENTOS NECESSÁRIOS

Tipo	Quantidade	Item	Vida útil	Depreciação anual
Imóvel	1	Barracão pré-fabricado	25 anos	4%
Móvel	1	Mesa de escritório	10 anos	10%
	1	Cadeira de escritório	10 anos	10%
Equipamento	1	Microcomputador (gabinete, monitor)	5 anos	20%
	1	Conjunto de equipamentos: minicarregadeira, moega de recebimento com fundo móvel; transportador de calha; painel eletrônico para acionamento e comando; componentes de sistema de geração de energia elétrica por ciclo térmico rankine ^(*)	10 anos	10%

Fonte: O autor (2019) com base em Receita Federal (2019)

Nota: ^(*) Conforme Anexo 5.

O cálculo utilizado para depreciação foi o linear, aplicado por regime de caixa, não de competência, conforme Timofeiczky Junior (2004) é dado por:

$$D_e = (VA - VR) / Vu \quad (5)$$

Em que:

D_e = Depreciação (R\$/ano);

VA = Valor de Aquisição (R\$);

VR = Valor Residual (R\$);

Vu = Vida útil (anos).

Os reinvestimentos são as aquisições necessárias para a substituição dos investimentos já deteriorados ou ultrapassados, ao longo do horizonte de planejamento, ou seja, ao longo dos 25 anos. Os reinvestimentos são efetuados no espaço de tempo predeterminado pela vida útil dos diferentes tipos de bens já enumerados.

A fonte de recurso considerada no presente estudo foi exclusivamente própria, não levando-se em consideração a utilização de capital de terceiros. Para fins de localização, optou-se por considerar a não necessidade de aquisição de imóvel para implantação do projeto, uma vez que a RN 687/2015 da ANEEL determina que o sistema de geração deve estar em uma unidade consumidora integrante do consórcio. Considerou-se apenas o aluguel da terra, conforme descrito no item (e).

b) Tributos

Para a planta de geração há a necessidade de um barracão pré-fabricado²². No projeto se previu uma área construída de 855,20 m², conforme Anexo 6, sendo a área total do projeto de 2 mil m². Considerando que sobre a área total e área construída deve incidir o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), estimou-se também seu valor²³, a preço constante de maio de 2019, para fins de fluxo de caixa.

c) Custo operacional de geração

A especificação do número de funcionários e respectivos cargos, para composição do custo operacional dos projetos foi levantado junto à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia (Anexo 7).

Para determinação dos salários dos funcionários, partiu-se do Termo Aditivo a Convenção Coletiva de Trabalho 2019/2020 divulgada pelo Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Guarapuava (2019).

²² O custo unitário básico (CUB) é geralmente utilizado para identificação do custo do m² construído. Nessa pesquisa fez-se uso do CUB referente a maio/19, padrão Galpão Industrial (GI), disponível em Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2019).

²³ Segundo Guarapuava (2001) o valor a recolher anualmente, a título de imposto predial, corresponde à alíquota de 0,55% sobre seu valor venal, por se tratar de imóvel no distrito sede.

No referido termo, não há especificação referente à remuneração diferenciada para operador de caldeira frente à remuneração de um auxiliar. Como se notou ser prática comum, entre as empresas participantes da pesquisa, o operador realizar curso de capacitação e ser remunerado de forma diferenciada na função, fez-se uso dos parâmetros usuais médios adotados pelas empresas que é a remuneração adicional de 20% (vinte por cento) para o operador de caldeira.

Não foi objetivo da pesquisa calcular o chamado “custo do trabalho”²⁴ para cada posto de trabalho que compôs o quadro de funcionários dos projetos em estudo, de maneira a estabelecer um valor. Um cálculo já existente e consolidado na literatura é o de Pastore (1996), que considerou a Constituição Federal e a Consolidação das Leis do trabalho, CLT, e concluiu que um trabalhador da indústria custa 102,06%, além do registrado em carteira.

Apesar do cálculo de Pastore ser realizado na década de 1990, ainda é atual, pois de acordo com Krein *et al.* (2019), no Brasil, nos anos 1990 e 2000, apesar de se verificar algumas mudanças na legislação, essas não foram estruturais no marco regulatório. Para o autor apenas com a aprovação da Lei nº 13.467/2017 que o país se inseriu no rol dos países que implementaram reformas trabalhistas nas últimas décadas. De acordo com Carvalho (2017), a referida Lei de 2017 trata essencialmente de flexibilizações negociadas diretamente entre patrão e empregado. Dado o contexto, os cálculos referentes ao custo do trabalho seguiram a consideração de Pastore.

A partir do Termo Aditivo a Convenção Coletiva de Trabalho 2019/2020 divulgada pelo Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Guarapuava (2019) se identificou o piso remuneratório previsto para trabalhadores do segmento. A partir desse valor se estimou o custo operacional para cada projeto (Anexo 7). O passo seguinte consistiu em identificar o custo de manutenção dos mesmos.

²⁴ Qualquer valor encontrado poderia incorrer em erro. Segundo Cavalcante (2015), os custos do trabalho no Brasil têm sido objeto de uma produção bibliográfica relativamente escassa. Ainda o autor destaca que os poucos trabalhos existentes expressam resultados divergentes decorrentes de diferentes entendimentos a respeito do que consiste a remuneração recebida pelos trabalhadores. Na prática, segundo o autor, a maior parte da diferença resulta da inclusão ou não do tempo não trabalhado nos custos totais incorridos pelo empregador.

d) Custo de manutenção

O custo de manutenção, para cada projeto, foi fornecido pela empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia, sendo de 1% ao ano sobre o valor do investimento e reinvestimentos.

e) Custo de oportunidade

Segundo Denardin (2004), o custo de oportunidade surge quando o tomador de decisão opta por uma determinada alternativa de ação em detrimento de outra viável e mutuamente exclusiva. Para o autor, o custo de oportunidade representa o benefício que foi desprezado ao escolher uma determinada alternativa em detrimento de outra.

A empresa consorciada que receber a planta de geração em seu imóvel perderá uma área útil de 2.000 m², referente à área mínima necessária para a execução do projeto. Assim, a empresa perde a oportunidade de usufruir dessa área. Considerou-se como custo dessa oportunidade renunciada o valor do aluguel do terreno. O preço do aluguel do terreno em distrito industrial foi definido mediante consulta a três imobiliárias locais, sendo o valor médio de R\$1,25/m² ao mês.

Da mesma forma, a biomassa foi considerada custo de oportunidade uma vez que a fração produzida e não consumida pelas empresas até então é comercializada no mercado. Foi considerado custo de oportunidade porque as empresas devem renunciar parte da atual receita que auferem com a venda da biomassa. Dessa forma, o valor que corresponde à renúncia de receita da venda da biomassa compõe o custo de geração, sob a nomenclatura de custo de oportunidade.

O consumo de biomassa para cada projeto foi levantado junto à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia. Para determinar o gasto com biomassa considerou-se o levantamento da biomassa produzida nas empresas participantes da pesquisa, que pode ter como direcionamentos o consumo próprio, venda ou eventualmente doação.

Após identificar a quantidade e tipo de biomassa que as empresas produzem, mas não consomem, portanto vendem, confrontou-se essa quantidade com a necessidade de biomassa dos projetos. Com isso foi possível identificar se a biomassa

não consumida na empresa é suficiente para atender a necessidade dos projetos. O cavaco foi o tipo de biomassa considerado, dada sua abundância frente aos demais.

Na prática, as empresas consorciadas produzem a biomassa que necessitam para a geração de sua energia elétrica e simplesmente direcionam para a termelétrica, na quantidade correspondente à sua necessidade. Não há tributação sobre a biomassa, pois não há operação comercial.

Para calcular esse custo de oportunidade optou-se por considerar o preço médio ponderado do cavaco negociado pelas empresas participantes na pesquisa. Considerou-se o preço referente a maio de 2019. A ponderação foi necessária por existir grande diferença, de uma empresa para outra, no volume do cavaco comercializado mensalmente. Magina *et al.* (2010) entende que para dados agrupados, os valores da variável (média) devem ser ponderados pelos seus respectivos pesos ou frequências. Nesse caso, a média é chamada de ponderada, cuja notação matemática pode ser expressa por:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i x_i}{n} \quad (6)$$

Em que:

\bar{x} = Média aritmética ponderada;

n = Número de elementos de um conjunto;

f_i = Peso ou ponderação;

x_i = Elemento de um conjunto.

Cabe ressaltar que a média ponderada (Anexo 8) foi utilizada após a verificação de que nenhum comportamento econômico ocasionou desajuste momentâneo no mercado, repercutindo positiva ou negativamente no preço. Tal verificação se deu por meio da análise histórica do preço do “cavaco sujo”, que tem sua média calculada pelo Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná (SEAB). Segundo o DERAL/SEAB (2019), o preço do “cavaco sujo”, para o município de Guarapuava se manteve estável nos últimos quatro anos.

Do total de biomassa gerada entre as empresas entrevistadas, o cavaco representou a maior fração. Dessa forma, tabulou-se todo o volume de cavaco gerado entre todas as empresas entrevistadas, bem como o preço médio ponderado de venda, conforme Anexo 9.

f) Custos de transporte da biomassa

Com relação ao transporte da biomassa, das indústrias consorciadas até a termelétrica, estimou-se a distância média e valor dos pisos mínimos de frete (Anexo 10), com base nas tabelas da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), conforme Resolução nº 5.842, de 23 de abril de 2019, tendo como base a Lei nº 13.703, de 08 de agosto de 2018.

g) Custos de transação

Fundamentalmente, os custos de transação são os gastos que os agentes econômicos enfrentam quando compram e vendem no mercado, ou seja, são os custos com a negociação, elaboração e garantia de cumprimento de contrato (CONCEIÇÃO; COSTA, 2006; FIANI, 2002).

Para Caixeta e Wander (2015) e Mendes *et al.* (2002), uma das principais limitações reside na superficialidade dos estudos e na complexidade de se mensurar os custos de transação, uma vez que os mesmos sofrem alteração mediante característica da transação e do ambiente competitivo. Na presente pesquisa esse custo arbitrário foi tratado como custo necessário para elaboração e manutenção do contrato entre as empresas envolvidas no consórcio. Dada as limitações expostas, considerou-se a título de custo de transação, 2% (dois por cento) sobre o valor do projeto. Esse valor mostrou-se monetariamente importante, considerando que os projetos em estudo alcançaram cifras expressivas.

4.2.4.2 Entradas de caixa

Considerou a entrada de caixa como sendo a desoneração da fatura de energia elétrica das empresas participantes dos projetos. Para estimar a desoneração das faturas de energia elétrica de cada uma das empresas realizaram-se os

procedimentos detalhados no Anexo 11. A desoneração da fatura de energia elétrica corresponde a recurso mensalmente disponível no caixa das empresas consorciadas, que antes da implantação do projeto era direcionado para pagamento da energia elétrica consumida junto à distribuidora local. Com esse recurso cada empresa participante do consórcio paga sua cota-parte dos custos da termelétrica, já enumerados, na proporção da potência instalada de geração para atender a necessidade de energia elétrica de cada empresa. A desoneração acontece a partir do primeiro mês de operação da planta de geração.

Os valores residuais dos bens também compuseram as entradas de caixa. Esses valores nos projetos tratados pela pesquisa são do típico caso em que não existe mercado secundário ao final de sua vida útil. Para Souza e Clemente (2015), é razoável que esses bens passem a apresentar somente valor de sucata. Esse entendimento aplica-se ao caso, pois o sistema de geração utilizado, com o tempo, com o contato com fogo (caldeira) e com a água apresenta processo corrosivo e necessita ser substituído. Assim, o valor residual considerado foi simbólico e para fins de registro correspondeu ao percentual de 2% sobre o respectivo valor do investimento. Para os itens que, ao final do projeto, não chegaram ao final de sua vida útil, considerou-se depreciação parcial, conforme já descrito na equação 5.

4.2.5 Métodos de análise de investimentos

Buscou-se verificar se os projetos são atrativos sob o ponto de vista econômico. A importância dessa análise está principalmente em verificar se há retorno de capital investido e se a taxa de retorno é minimamente aceitável. Caso o investimento não apresente atratividade, as empresas devem buscar outras formas de investir seu capital.

De posse do fluxo de caixa (Anexo 14), com especificação das saídas e entradas, ao longo da vida útil do projeto (25 anos), fez-se uso dos indicadores de viabilidade econômica. Com base no fluxo de caixa projetado referente aos projetos de geração de energia elétrica (Anexos 21 a 24), realizou-se a análise de viabilidade econômica. Trabalhou-se com valores e taxas reais a preço constante referente maio de 2019. Buscando a razoabilidade entre os autores citados em revisão bibliográfica e o cenário econômico brasileiro até maio de 2019, optou-se para esse estudo utilizar TMA real de 9% ao ano.

Na pesquisa se optou também por fazer uso dos métodos já difundidos para a análise de investimentos. Assim, para a seleção de projeto de investimento utilizou-se o Valor Presente Líquido (VPL) e os métodos classificatórios foram: Método da Taxa Interna de Retorno (TIR), Método do Índice de Benefício/Custo (IBC) e Método do Período de Recuperação do Capital (Pay-back descontado).

O cálculo do VPL, conforme Souza e Clemente (2015), pode ser descrito pela seguinte função:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+i)^j} \quad (7)$$

Em que:

CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ;

i = taxa de desconto (TMA).

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero. Para Puccini (2011), sua grandeza é dada pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+i)^j} = zero \quad (8)$$

Em que:

CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ;

i = taxa de desconto (TIR).

Na existência de fluxo de caixa não convencional, a TIR pode apresentar mais de uma solução. Para averiguar a unicidade da TIR fez-se uso do Teorema de Norstrom. De acordo com Barbieri *et al.* (2007), nos casos em que a TIR existe e é única, a condição $TIR \geq TMA$ classifica claramente o projeto como aceitável.

Na sequência dos procedimentos, identificou-se a grandeza do IBC. O IBC se dá pela razão entre o Fluxo Esperado de Benefícios de um projeto e o Fluxo esperado de Investimentos necessários para realizá-lo. Seu cálculo, de acordo com Souza e Clemente (2015), pode ser descrito pela seguinte função:

$$IBC = \frac{\sum_{j=1}^n (CF_j) / (1+i)^j}{CF_0} \quad (9)$$

Em que:

CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ;

i = taxa de desconto ou TMA.

CF_0 = Fluxo de caixa na data zero (inicial).

O passo seguinte foi identificar o tempo que o projeto leva para retornar o investimento inicial. Seu cálculo se deu pela soma dos valores dos benefícios, período a período de forma acumulativa, até que essa se iguale ao valor do investimento inicial. Para fins dessa pesquisa se fez uso do *pay-back* descontado.

4.2.6 Análise de sensibilidade

Complementarmente à análise de investimentos, se mediu a sensibilidade da viabilidade econômica sobre o impacto do ICMS, imposto incidente sobre o consumo de energia elétrica, mas cobrado da mesma forma quando a unidade consumidora realiza geração compartilhada. A análise proposta foi explorada nos projetos cujos indicadores de viabilidade econômica mostraram-se menos otimistas. A análise focou exclusivamente a entrada de caixa dos projetos. Como a entrada de caixa considerada no estudo se deu pela desoneração da fatura de energia elétrica das unidades consumidoras, foi realizada gradual redução da alíquota de ICMS, proporcionando diferentes patamares de desoneração da fatura de energia elétrica, influenciando assim na viabilidade dos projetos.

Tal opção se justifica no fato da Geração Compartilhada, até o momento, não auferir o benefício fiscal que outras modalidades da GD já alcançaram, que é a

isenção do ICMS²⁵ sobre o consumo para unidades consumidoras com geração distribuída de até 1MW.

4.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Não diferente das demais pesquisas científicas, essa também apresentou algumas limitações.

Uma limitação da pesquisa residiu no tamanho da amostra, referente o número de empresas participantes. Essa decorreu do fato do município de Guarapuava-Pr ser atendido por duas distribuidoras de energia elétrica, havendo a necessidade de escolha da área de concessão de apenas uma delas, para atender o regramento da GD.

Outra limitação se refere aos indicadores econômicos. Os valores encontrados com a pesquisa e que expressam viabilidade econômica contribuem apenas para identificação da viabilidade. Não correspondem à entrada de recurso em espécie para o caixa do consórcio e os consorciados não têm acesso aos valores gerados e mostrados pelo VPL. O consórcio discutido nessa pesquisa não vende energia elétrica, uma vez que a legislação brasileira não prevê essa possibilidade nas diferentes modalidades de GD. O benefício resultante reside na redução do gasto com energia elétrica para as empresas participantes do consórcio.

²⁵ Essa segregação de benefício fiscal para outras modalidades, em detrimento da modalidade de geração compartilhada, tem sido motivo de arguição nas audiências públicas promovidas pela ANEEL, relacionadas à GD, audiências essas com a finalidade de obter subsídios de impactos regulatórios. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2019a), a Audiência Pública 01/2019 teve sua reunião presencial em 11 de abril de 2019, em Fortaleza-CE e contou com a representação de 240 instituições para a discussão do tema.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DISPONIBILIDADE DE BIOMASSA PARA FINS DE ENERGIA

Das 32 empresas que fizeram parte da pesquisa, sob a ótica do produto principal, 25% são indústrias de compensados, 25% de laminados, 12,5% produzem madeira serrada e beneficiada, 9,4% fabricam madeira para embalagens (paletes), 9,4% produzem apenas madeira serrada (bruta) e 6,25% produzem madeira beneficiada. Juntas, as empresas de madeira tratada, madeira tratada e beneficiada, palito de sorvete, portas correspondem a 12,45% do total de empresas entrevistadas.

Conforme Tabela 3, dentre as empresas participantes da pesquisa nenhuma é classificada como grande porte tratando-se, portanto, de micro, pequenas e médias indústrias.

TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO DO PORTE DAS EMPRESAS PESQUISADAS

Indústria por produto principal	Porte da Empresa					
	Micro		Pequena		Média	
	Número de Empresas	Número de Empregos	Número de Empresas	Número de Empregos	Número de Empresas	Número de Empregos
Compensados	3	51	2	130	3	603
Lâminas	7	88	1	31	0	0
Madeira beneficiada	1	6	1	70	0	0
Madeira serrada (bruta)	3	22	0	0	0	0
Madeira serrada/beneficiada	4	25	0	0	0	0
Madeira tratada	1	3	0	0	0	0
Madeira tratada/beneficiada	0	0	1	50	0	0
Paletes	2	18	1	40	0	0
Palito de sorvete	0	0	0	0	1	240
Portas	1	5	0	0	0	0
Total	22	218	6	321	4	843

Fonte: O autor (2019).

Do total de empresas, 68,75% são de porte micro, 18,75% são pequenas e apenas 12,5% são de médio porte. As quatro empresas de médio porte empregam 61% da mão de obra do conjunto das empresas. Só a indústria de compensados emprega 43,63% da mão de obra total alocada nas empresas pesquisadas.

Com relação ao tipo de madeira utilizada, a grande maioria das empresas faz uso de pinus (96,9%), eventualmente conjugado com outro tipo de madeira como o

eucalipto. O tipo e quantidade de biomassa produzida pelo conjunto de empresas constam na Tabela 4:

TABELA 4 – COPRODUTO GERADO MENSALMENTE NAS INDÚSTRIAS E RESPECTIVO DESTINO

Indústria por produto principal	Coproduto da indústria florestal					
	Fonte			Destino		
	Serragem	Maravalha	Cavaco	Venda	Consumo Próprio	Doação
Compensados	6	0	12.086	4.812	7.280	0
Lâminas	0	0	3.015	2.775	240	0
Madeira beneficiada	436	43	1.236	1.304	411	0
Madeira serrada (bruta)	130	50	180	360	0	0
Madeira serrada e beneficiada	235	141	840	1.131	75	10
Madeira tratada	20	0	10	20	0	10
Madeira tratada e beneficiada	250	100	600	950	0	0
Paletes	313	184	1.078	1.575	0	0
Palito de sorvete	30	0	570	285	315	0
Portas	0	0	1	0	1	0
Total (ton.)	1.420	518	19.616	13.212	8.322	20
Total (%)	6,6%	2,4%	91,0%	61,3%	38,6%	0,1%

Fonte: O autor (2019).

De um total de 21.554 toneladas geradas mensalmente de coprodutos nas empresas, 13.212 toneladas (61,3%) são destinadas ao mercado e 8.322 toneladas (38,6%) são utilizadas para consumo interno das empresas, na geração de calor. Da parte destinada ao mercado, o cavaco é a maior fração e corresponde a 11.770 toneladas mensais. Parte desse cavaco, até então comercializado, quando destinado para um dos projetos de geração, passa a compor o custo de oportunidade para as empresas participantes.

Esse elevado volume de coprodutos da indústria florestal contribui para o entendimento dos números associados ao setor, no município de Guarapuava. De acordo com a Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (2018), o município de Guarapuava detém 74.499 ha de floresta plantada (68,28% pinus) e figura entre os principais municípios do Paraná (e do Brasil) com a indústria de serrado de pinus.

5.2 AGRUPAMENTOS DAS EMPRESAS NOS PROJETOS DE GERAÇÃO

O processo de identificação das empresas com aptidão em participar de consórcio de geração compartilhada de energia elétrica se deu em duas etapas. Na

primeira etapa, as questões (1 a 13), do “Questionário para Análise Fatorial e de Agrupamento das Empresas” (Anexo 1), indagadas às empresas foram consideradas variáveis e simplificadas em fatores. Na segunda etapa, as empresas foram agrupadas com outras cujos fatores são similares.

5.2.1 Redução do número de variáveis a fatores

Se buscou reduzir as variáveis em fatores, para facilitar a interpretação do conjunto de variáveis. Dessa forma um fator representa um conjunto de variáveis. Com a matriz de coeficientes de correlação (Anexo 15) verificou-se a existência de vários coeficientes superiores a 0,30, indicando a existência de associação entre as variáveis, podendo assim resumi-las em fatores.

Como Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Anexo 16) não apresentou grandeza abaixo de 0,50, a análise fatorial proposta não está no campo da inaceitabilidade. Da mesma forma, o teste de esfericidade de Bartlett (Anexo 16) sugere que as interrelações entre as variáveis não são iguais a zero (*p-value* significativo, abaixo de 0,05), dessa forma a utilização da análise fatorial pode ser considerada apropriada.

Os fatores extraídos por meio da Análise dos Componentes Principais (ACP) compõem a matriz de variância total (Anexo 17). Com a matriz foi possível perceber que um único fator explicou 34,05% da variância total, dois fatores explicaram 53,26% e três fatores 65,15%. A partir do quarto fator, os acréscimos de percentual de explicação da variância total mostram-se mais modestos para cada fator, contribuindo singelamente para a explicação da variância total.

A matriz de variância total explicada proporcionou uma primeira intenção de identificar o número ideal de fatores. O critério de Kaiser sugere que apenas fatores com autovalor superior a 1 (um) sejam utilizados. Notou-se (Anexo 17) que três fatores atenderam esse critério.

Complementarmente, com o teste de Scree (Anexo 18), a sugestão é de que não se utilizem fatores que passem a apresentar linhas mais horizontais, próximas de serem perpendiculares ao eixo y. Novamente mostraram-se aceitáveis a utilização de três fatores.

A aplicação do método de rotação ortogonal Varimax (Anexo 19) possibilitou visualizar as variáveis componentes de cada fator. Dessa forma, foi possível a

redução das 13 (treze) variáveis em 3 (três) fatores. Seis variáveis²⁶ (3, 4, 5, 6, 7 e 10) compuseram o fator X, quatro variáveis formaram o fator Y (9, 11, 12 e 13) e apenas três variáveis alocaram-se no fator Z (1, 2 e 8), conforme evidenciado na Tabela 5.

TABELA 5 – FATORES E NOMENCLATURAS

Fator (*)	Nomenclatura do Fator	Número da questão (variável)	Descrição da questão (variável)
X	Esforço em redução de custos, ambientalmente correta	4	A empresa está preocupada com o preço pago pela energia elétrica
		5	A empresa não consegue reduzir o preço da energia elétrica que consome
		3	O gasto com energia elétrica é relevante nos custos da empresa
		7	A empresa tem demonstrado de forma prática sua preocupação ambiental
		6	A empresa tem preocupação ambiental
		10	A empresa acredita que parcerias e consórcios são importantes para a redução de custos
Y	Acreditam em parcerias e seus resultados	12	Para manter a competitividade, a empresa tem muitas atividades coletivas na sociedade
		11	A empresa participa ativamente de associações empresariais
		13	A empresa tem realizado convênios, parcerias público-privada ou outras atividades que envolvem parceiros externos
		9	A empresa tem clientes que exigem práticas que demonstrem preocupação ambiental
Z	Competências de gestão	1	A empresa tem controle detalhado sobre todos os seus custos de produção
		2	A empresa tem um grupo específico de profissionais para estudar, discutir e propor estratégias de redução de custos e despesas
		8	A empresa prioriza utilizar combustível de fontes renováveis

Fonte: O autor (2019).

Nota: Para diferenciar o número dos fatores ao número de agrupamento, se optou em utilizar as letras X, Y e Z que correspondem respectivamente aos fatores 1, 2 e 3.

Com base na relação das variáveis de cada fator, foi possível nominar os fatores. Considerando que as variáveis são listadas em ordem decrescente de

²⁶ Os números das variáveis que se refere o texto correspondem aos números das questões aplicadas às indústrias no “Questionário para Análise Fatorial e de Agrupamento das Empresas”, esse questionário contém 13 questões e está disponível no Anexo 1.

importância (carga), a nomenclatura eleita para representar cada fator levou em consideração a carga da variável.

O primeiro fator está principalmente relacionado com as variáveis “preocupação com o preço da energia elétrica”, “impossibilidade de reduzir o preço da eletricidade” e do fato da “eletricidade ser um gasto relevante nos custos”. A importância desse fator pode ser ratificada com o estudo da Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (2018) em que ao levantar aspectos conjunturais que têm impactado o desempenho das empresas do setor florestal no Estado, uma grande preocupação é o aumento no custo de produção, a exemplo a energia.

O segundo fator tem presença de variáveis relacionadas a “atividades coletivas”, “participação ativa em associações empresariais”, “realização de parcerias”. Com menos carga, alocou-se nesse fator também a variável que capta a existência de “clientes que exigem práticas de preocupação ambiental”.

O terceiro fator foi composto por três variáveis. A variável de maior importância foi a que se refere à existência de “controle detalhado de custos de produção”. Na sequência foi a existência de “grupo de profissionais para estudar estratégias de redução de custos”. Por fim, a terceira variável do fator diz respeito à “priorização de uso de fontes renováveis”. Dessa forma, esse fator representa competências relacionadas à gestão e as indústrias agrupadas nesse fator podem ser consideradas as mais organizadas em termos de controle, equipe de profissionais, além de serem ambientalmente corretas.

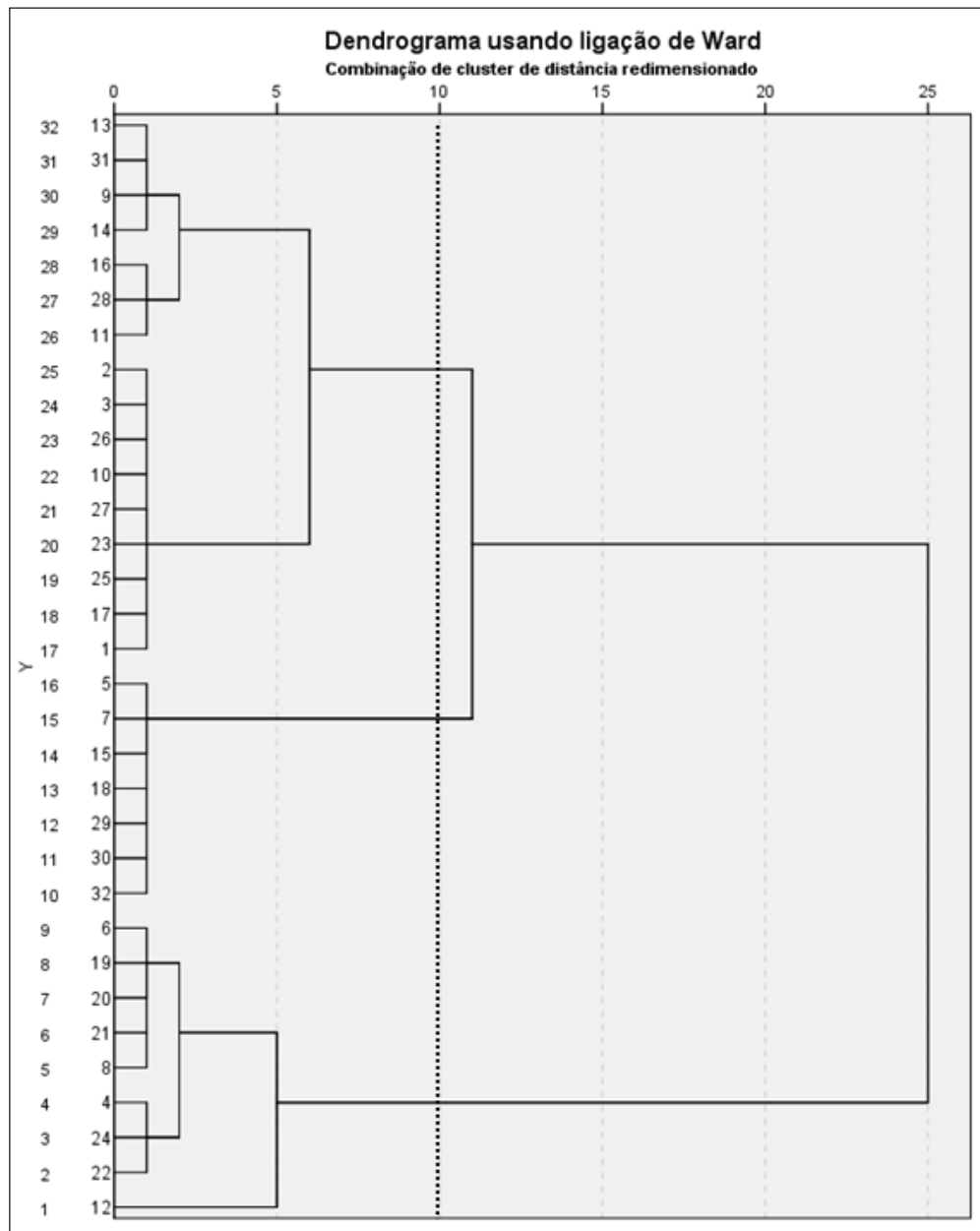
Não por acaso o controle do custo de produção mostrou como variável de maior relevância no terceiro fator. Os custos são elemento chave para as decisões de produção, bem como determinação de preços. Para Thums *et al.* (2018), em um ambiente de mercado cada vez mais competitivo e em constante transformação, a gestão estratégica de custos assumiu nos últimos anos um papel importante na busca pelos diferenciais e pelas vantagens competitivas das empresas. Segundo os autores, essa consiste na aplicação de técnicas que melhorem a posição competitiva da empresa, ao mesmo tempo em que reduzem seus custos.

5.2.2 Agrupamentos das empresas

Definidos os fatores que sumarizam as variáveis e representam a síntese das questões aplicadas junto às indústrias em pesquisa de campo, realizou-se análise de

agrupamento das empresas participantes. Realizadas as etapas detalhadas nos procedimentos metodológicos, o dendrograma resultante, para fins de definição do número apropriado de agrupamentos, consta na Figura 6.

FIGURA 6 – DENDROGRAMA RESULTANTE DO MÉTODO WARD



Fonte: O autor (2019).

Ao se realizar um corte transversal na distância 10 (linha pontilhada na Figura 6), dois importantes elementos podem ser percebidos: formação de grupos menos heterogêneos e grupos mais equilibrados em termos de quantidade de participantes.

Nota-se que à medida que se aumenta a distância (de 10 para 15), agrega-se aos grupos algumas empresas com características menos similares, alocadas em outros agrupamentos quando a distância era menor (10). Já se a distância for menor que dez (como a distância 5), formam-se cinco grupos, um desses grupos com nove empresas e outro com apenas uma.

Dessa forma, concluiu-se pela existência de três diferentes agrupamentos de tamanhos menos díspares e internamente mais homogêneos. O primeiro agrupamento foi constituído por 16 (dezesseis) empresas que em geral acreditam na existência de efeitos positivos provenientes de parcerias, contudo essas empresas apresentam dificuldades de caráter administrativo, com controles parciais de custos, falta de equipe técnica na gestão e dificuldades na elaboração de estratégias para redução de custos e despesas.

Já o segundo agrupamento, formado por 9 (nove) empresas, tem como característica marcante a não acreditar em parcerias. As empresas desse agrupamento acreditam que parcerias não são necessárias para resolver seus problemas de gestão e controle, custos, preços de mercado, etc.

O terceiro agrupamento, constituído por 7 (sete) empresas, reuniu as empresas mais organizadas em termos de gestão. Essas evidenciaram dispor de controle detalhado de custos de produção e ainda conter, em seu quadro de colaboradores, profissionais mais capacitados e focados em propor estratégias de redução de custos e despesas. As empresas do agrupamento também se mostraram abertas a parcerias, já participam ativamente de associações empresariais e acreditam que parcerias e consórcios são importantes para redução de custos. Na Tabela 6 estão expostos os agrupamentos e respectivas empresas.

TABELA 6 – RESULTADO DO AGRUPAMENTO DAS EMPRESAS

Agrupamento	Característica do agrupamento	Cód. da Empresa
1	Acreditam em parceria, dificuldades de gestão	1, 2, 3, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 23, 25, 26, 27, 28, 31
2	Descrentes de parcerias	4, 6, 8, 12, 19, 20, 21, 22, 24
3	Parceiros ideais (maduras em termo de organização e gestão e acreditam em parcerias)	5, 7, 15, 18, 29, 30, 32

Fonte: O autor (2019).

Das 16 empresas do primeiro agrupamento, cinco empresas têm como produto principal o compensado, duas a laminação, duas empresas a madeira serrada e beneficiada, em duas empresas o palete é o produto principal e outras duas a madeira beneficiada. Para completar o grupo, ainda fez parte uma empresa de portas, uma de madeira tratada e uma de madeira serrada.

Já no segundo agrupamento, cinco empresas têm como produto principal a lâmina, duas empresas a madeira serrada, uma empresa de madeira serrada e beneficiada e uma empresa de paletes. O terceiro agrupamento foi formado por três empresas de compensados, uma laminadora, uma empresa de madeira serrada e beneficiada, uma empresa de palitos de sorvete e uma de madeira tratada e beneficiada. Já as características relacionadas ao porte das empresas podem ser observadas na Tabela 7.

TABELA 7 – CARACTERÍSTICAS DOS AGRUPAMENTOS DE EMPRESAS

Agrupamento	Número de empregos	Número de Empresas			
		Micro	Pequena	Média	Grande
Agrupamento 1	375	12	4	0	0
Agrupamento 2	103	8	1	0	0
Agrupamento 3	904	2	1	4	0
Total	1.382	22	6	4	0

Fonte: O autor (2019).

Apesar de nenhum agrupamento conter indústria de grande porte, o agrupamento 3 contempla as maiores empresas dentre os agrupamentos formados e detém o maior número de postos de trabalho. São quatro empresas de médio porte, sendo que três têm como produto principal o compensado e uma o palito de sorvete, e juntas empregam 843 trabalhadores. Já os agrupamentos 1 e 2 foram formados apenas por empresas de menor porte (micro e pequenas), com os diversos produtos de madeira e conjuntamente empregam 539 trabalhadores.

Micro e Pequenas empresas mostram-se presentes principalmente no agrupamento 1, sendo uma das características marcantes do agrupamento a dificuldade de gestão. Essas empresas menores mostraram-se desprovidas de estrutura organizacional bem definida, carentes de departamentalização e equipe focadas em atividades administrativas específicas, sendo que geralmente o administrador/proprietário absorve a maior parte das atividades relacionadas à gestão, financeiro e vendas. Segundo Santana *et al.* (2016), a maioria das micro e pequenas empresas apresentam problemas de gestão por possuírem estrutura organizacional deficiente e por dar pouca ênfase ao planejamento e controle da produção.

Crnkovic e Moretti (2012) destacam que além da estrutura organizacional das micro e pequenas empresas mostrarem-se relativamente simples, o comportamento é pouco formal e o uso de planejamento e treinamento é mínimo. Segundo os autores essas empresas também mostram carência de mecanismos para geração de vantagens competitivas diante do mercado e apresentam poucas barreiras à entrada de concorrentes. Somam-se ainda outras carências como a de capacidade gerencial e conhecimento de normas que orientam o processo capitalista.

Os autores, por fim, comparam essas empresas com grandes organizações e ressaltam que enquanto naquelas os estilos gerenciais acabam se confundindo em virtude da elevada quantidade de administradores, nas pequenas empresas os aspectos pessoais do dirigente, como valores e ambições, se refletem em seu estilo de administrar, evidenciando procedimentos diferentes.

5.2.3 Os agrupamentos das empresas e os projetos de geração distribuída e compartilhada

O critério de corte foi a característica das empresas em acreditar que parcerias são importantes para auxiliar na resolução de problemas relacionados à gestão. Como se trata de formalização de consórcio de empresas, a confiança nas empresas parceiras é essencial.

Segundo Freoa (2014), a própria palavra consócio está intimamente associada à união de pessoas que compartilham de destino comum. Para Miranda (2010), os consórcios consistem em fórmulas de concentração provisória e flexível, efetivadas pela união de empresas que se relacionam para a realização de um determinado objetivo. Para Nascimento (2014), a confiança é essencial para se alcançar o objetivo proposto inicialmente pelo consórcio.

Como acreditar na parceria conjunta, compartilhar de objetivo comum, se unir e relacionar às demais empresas e principalmente confiança são características intrínsecas para participação de consórcio contratual, as empresas que compuseram o segundo agrupamento foram desconsideradas nos projetos de geração, justamente por não apresentarem essas características.

Dois grupos de projetos (A e B) foram considerados dentro dos critérios estabelecidos dando origem a quatro projetos (A1-A2 e B1-B2), conforme Tabela 8.

TABELA 8 – DEFINIÇÃO DOS PROJETOS DE GERAÇÃO

Grupo de Projeto	Projeto	Empresas participantes	Potência de geração
A	A1	Todas as empresas contidas no Agrupamento 3	Justa
	A2	Todas as empresas contidas no Agrupamento 3	Com folga
B	B1	As empresas contidas no Agrupamento 3 (exceto as atuantes no ACL) + as empresas contidas no Agrupamento 1	Justa
	B2	As empresas contidas no Agrupamento 3 (exceto as atuantes no ACL) + as empresas contidas no Agrupamento 1	Com folga

Fonte: O autor (2019).

Dessa forma os projetos do grupo A, mediante a análise de conglomerados, foram compostos exclusivamente pelas empresas mais amadurecidas em termos de organização e gestão e dispostas a estabelecer parcerias (Agrupamento 3).

Já os projetos do grupo B, foram compostos por empresas dos Agrupamentos (1 e 3), excluindo-se as empresas (29 e 30) que se encontram no ACL. Apesar das empresas do agrupamento 1 apresentarem dificuldade de gestão, a característica comum dos dois agrupamentos foi acreditar nos bons resultados decorrentes de parcerias.

A possibilidade legal da distribuidora local atender em até cinco anos a solicitação de retorno das empresas ao ACR gera insegurança aos empresário para investir na geração de sua própria energia elétrica, sob forma de geração distribuída. Também se reduzem as alternativas de investimentos de curto prazo, em energia elétrica, para as empresas atuantes no ACL, restando-lhes basicamente a alternativa de negociação de contratos mais atrativos de compra de energia, comparativamente aos até então praticados naquele ambiente (ACL).

Luz (2016) aponta como fator crítico a prerrogativa legal dada às distribuidoras de receber das unidades consumidoras a solicitação de migração do ACL para o ACR, com até cinco anos de antecedência.

5.3 GASTO COM ENERGIA ELÉTRICA DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DOS PROJETOS

A energia elétrica mostra ser um fator de peso, no gasto mensal das indústrias participantes da pesquisa. Das trinta e duas empresas entrevistadas, apenas três consideraram a energia elétrica um gasto não significativo, ou seja, 90,6% das empresas que fizeram parte da pesquisa entendem que a energia elétrica é de fato um gasto relevante. Ao serem questionadas sobre a representatividade da energia elétrica no custo total de produção percebeu-se que, em média, o insumo representa 10,6%, sendo que para algumas empresas chega a 15%.

Os dados pormenorizados, relativos ao gasto médio mensal com energia elétrica das empresas selecionadas, constam no Anexo 20. A partir desses dados foi possível identificar o tipo de tensão e o consumo médio mensal das empresas, já alocadas nos respectivos projetos. A Tabela 9 sintetiza as principais informações.

TABELA 9 – GASTO MÉDIO MENSAL COM ENERGIA ELÉTRICA POR GRUPO DE PROJETO

Grupo de Projeto	N de empresas (*)	N de empresas em baixa tensão	N de empresas em alta tensão	Consumo médio mensal de energia elétrica fora da ponta (kWh)	Consumo médio mensal de energia elétrica na ponta (kWh)	Gasto médio mensal com consumo de energia elétrica com tributos (R\$)
A	5	0	5	1.188.145	104.226	773.238,17
B	14	5	9	393.034	19.578	229.203,60

Fonte: O autor (2019).

Nota: (*) Cinco empresas do Agrupamento 1 e duas empresas do Agrupamento 3 optaram em não participar do estudo da potência da planta de geração e não disponibilizaram seus históricos de consumo de energia elétrica. Essas empresas estão especificadas no Anexo 2.

Percebe-se que as empresas dos projetos do grupo A consomem em média 1,29 milhões de kWh/mês de eletricidade, sendo 8% desse total em horário de ponta. Vale lembrar que, de acordo com o levantamento realizado, no horário de ponta a energia elétrica é 4,5 vezes mais onerosa que no horário fora da ponta.

No grupo B, apesar dos projetos conterem um número maior de empresas, no agregado o consumo médio mensal de energia elétrica é inferior ao grupo A. O consumo agregado médio de eletricidade das empresas do grupo B é de 0,41 milhões de kWh/mês. Assim, o fato das empresas 29 e 30 não participarem dos projetos do grupo B reduz consideravelmente o consumo agregado dos projetos e, conseqüentemente, da necessidade de geração para os projetos do grupo.

Com relação ao gasto com energia elétrica, as empresas dos projetos do grupo A gastam em média 3,37 vezes mais energia que as empresas do Grupo B. O gasto médio é de R\$773.238,17/mês para as empresas do primeiro grupo, sendo que as empresas do grupo B em média gastam R\$229.203,60/mês de forma agregada. Esse gasto maior de energia por parte do conjunto de empresas dos projetos do grupo A se deve principalmente ao porte das empresas, sendo que das sete empresas, quatro são de médio porte.

Outro fator que auxilia no entendimento do maior consumo de energia elétrica por empresas do grupamento A é o fato dessas, na sua totalidade, estarem conectadas em alta tensão, enquanto as do grupo B próximo de 2/3 (64,3%) das empresas. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (2020a), os consumidores

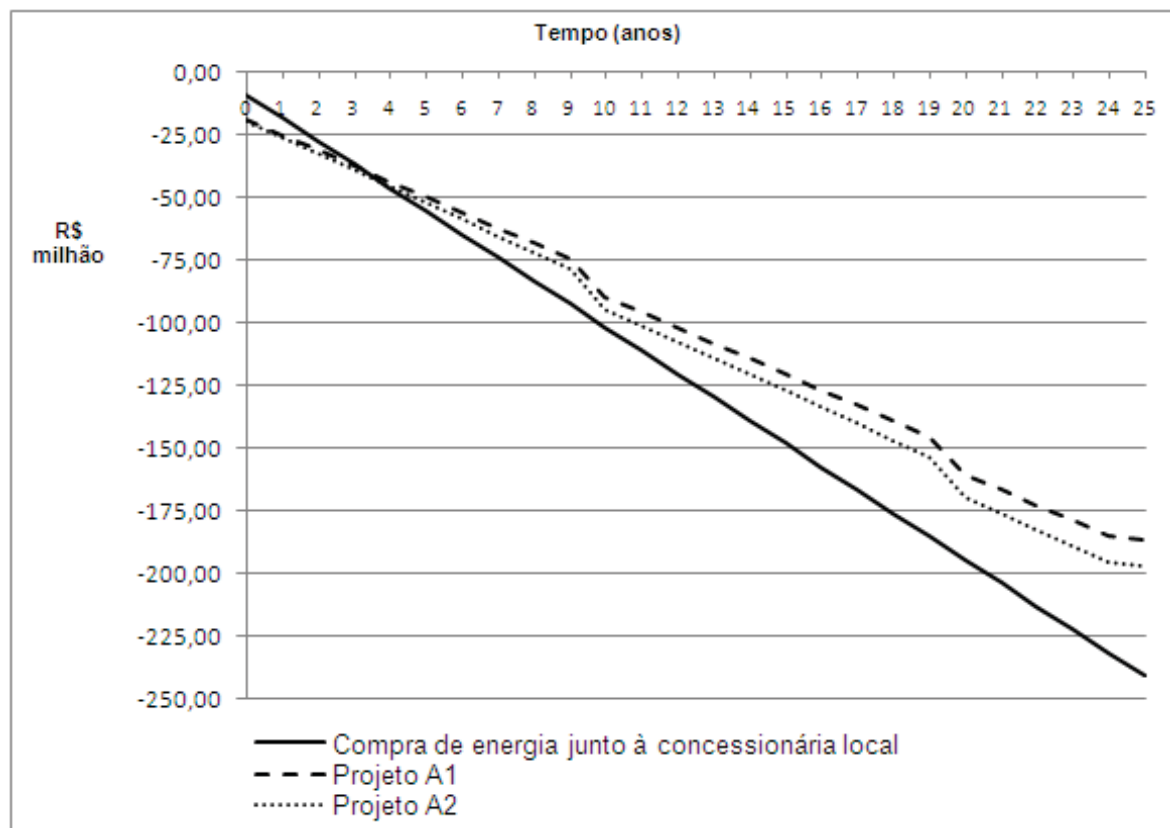
que se encontram no grupo tarifário de média e alta tensão são maiores consumidores, enquanto os de baixa tensão são menores como residências, imóveis rurais e outros.

Com as visitas às empresas se identificou que uma dessas, apesar de estar conectada em baixa tensão e ter inclusive pedidos de produtos para serem atendidos, não avançava com a produção no horário de ponta, por imaginar que nesse horário a energia elétrica se tornaria muito onerosa. Conexões em baixa tensão não têm tarifas diferenciadas, independentemente do horário. O fato exemplifica na prática as dificuldades de gestão das empresas menores, onde o proprietário absorve inúmeras atividades, tanto da área de produção quanto financeira, comercial entre outras e apresenta dificuldades no campo do planejamento estratégico da empresa.

5.3.1 Análise comparativa entre compra e geração de energia elétrica

Com base na estimativa de entradas e saídas de caixa para os projetos de geração de energia elétrica (Anexos 21 a 24), elaborou-se o fluxo de caixa projetado. Vale lembrar que esses fluxos se referem aos projetos de geração, mas acontecem nos caixas das empresas consorciadas, sendo apresentados de forma agregada (Gráfico 4). Dessa forma, foi possível comparar o gasto entre compra de energia e geração. Inicialmente projetou-se o valor que as empresas do grupo de projetos A devem gastar com energia elétrica ao longo de 25 anos (vida útil do projeto), mediante as opções de continuar adquirindo energia elétrica, implantar o projeto A1 ou implantar o projeto A2.

GRÁFICO 4 – PROJEÇÃO DO GASTO ACUMULADO COM ENERGIA ELÉTRICA PARA OS PROJETOS DO GRUPO A, COM E SEM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA



Fonte: O autor (2019).

Com o Gráfico 4, se observa que enquanto a aquisição de energia elétrica junto à distribuidora local, para o conjunto de empresas alocadas no grupo de Projetos A, apresentou acúmulo linearmente crescente de gastos na ordem de R\$241,25 milhões, com a geração compartilhada esses gastos tendem a ser menores. Para o projeto A1, a redução acumulada do referido gasto atingiu R\$ 54,595 milhões, até o final da vida útil do projeto. Já para o projeto A2 a redução acumulada foi de R\$ 44,261 milhões. Em termos percentuais, as reduções correspondem a 22,63% e 18,35%, respectivamente. Com a implantação dos projetos foi possível identificar redução de gastos, fruto da desoneração da fatura de energia elétrica, possível com a geração distribuída e compartilhada.

Nos anos 10 e 20, os fluxos de caixa dos projetos A1 e A2 apresentaram gastos que se acentuaram. Esses são decorrentes de reinvestimentos em equipamentos de geração, que têm vida útil de dez anos e necessitam ser substituídos. De qualquer forma, os gastos com energia elétrica para as empresas dos projetos do grupo A mostraram-se menos expressivos, quando há geração

compartilhada e distribuída nos moldes dos projetos, em comparação à aquisição de energia elétrica junto à concessionária local.

A redução do gasto com energia elétrica pode dar importante contribuição na redução do custo de produção das empresas participantes dos projetos. Como já retratado, a energia elétrica representa, em média, 10,6% do custo de produção das empresas participantes da pesquisa.

Mostra-se oportuno resgatar a informação de que as empresas participantes do grupo A de projeto gastam em média R\$773.238,17/mês com energia elétrica (conforme Tabela 9), o que corresponde a R\$9.278.858,04/ano. Ao anualizar também a redução gasto com eletricidade prevista para o Projeto A1 (Gráfico 4), estimado em R\$ 54.595.000,00 (em 25 anos), encontra-se o valor de R\$2.183.800,00/ano, que equivale à redução média anual de gasto com energia elétrica das empresas do referido projeto. Confrontando-se o gasto médio anual com a expectativa de redução desse gasto, também anual, estima-se que a energia elétrica reduza o custo total de produção das empresas envolvidas de 10,6% para 8,11%, em média.

A ilustração gráfica expõe também o *trade-off* das empresas entre continuar comprando energia elétrica da distribuidora local ou, de forma inovadora, passar produzir sua própria energia elétrica. Também mostra ser útil para ilustrar a dimensão do gasto com energia elétrica adquirida da concessionária, em um horizonte de 25 anos por parte do conjunto de empresas, e a expectativa de sua redução com a geração compartilhada e distribuída.

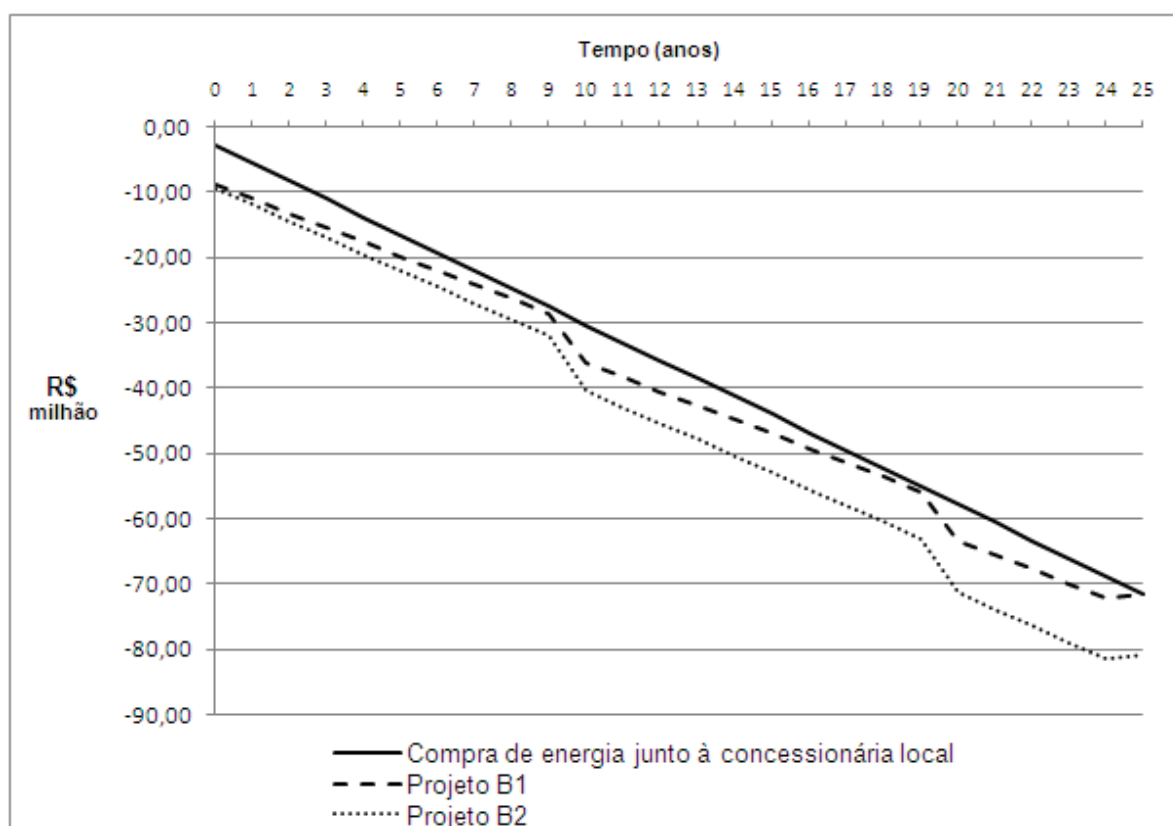
Sob a ótica da empresa, o recurso decorrente da desoneração se materializa diretamente em disponibilidade financeira no caixa das empresas consorciadas, fruto da redução do valor da conta mensal de energia elétrica. Esse recurso as empresas utilizam para pagar todos os gastos com a geração da própria energia elétrica nos projetos. Vale lembrar que nos casos em que a geração for maior que o consumo há acúmulo de crédito em kWh para compensação futura. Essa é a essência do formato de geração distribuída estimulado no Brasil.

Sob a ótica da inovação, ao optar em participar de um dos projetos de geração, as empresas são levadas a melhorar sua capacidade de inovação. De acordo com pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (2019), um em cada três empresários entende que a indústria brasileira precisará dar um salto de inovação nos próximos cinco anos para garantir a sustentabilidade dos negócios em curto e longo prazo. *Morais et al.* (2017) concluíram que o impacto das inovações

tecnológicas é positivo e é por meio das inovações que se aumenta a competitividade da empresa.

Da mesma forma se realizou a comparação de expectativa de gasto com o consumo de energia elétrica do grupo de projetos B, para as opções de aquisição junto à distribuidora, implantação do projeto B1 ou implantação do projeto B2 (Gráfico 5).

GRÁFICO 5 – PROJEÇÃO DO GASTO ACUMULADO COM ENERGIA ELÉTRICA PARA OS PROJETOS DO GRUPO B, COM E SEM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA



Fonte: O autor (2019).

Os projetos do Grupo B apresentaram perfil diferente do verificado no grupo A. O projeto B1 apresentou redução de gastos com energia apenas no último ano de sua vida útil (R\$0,082 milhões). Esse valor foi influenciado principalmente pela previsão de venda dos equipamentos de geração, com depreciação de 50% de sua vida útil.

Já o projeto B2 não demonstra capacidade de gerar energia elétrica a um custo menor que a forma de aquisição atual, pois não apresentou redução alguma do gasto, comparativamente ao atual formato de compra da energia junto à distribuidora

local. Em termos práticos, significa afirmar que além do valor esperado de gasto acumulado com energia adquirida da distribuidora as empresas, se executarem o projeto, devem arcar com gasto adicional referente projeto de geração compartilhada.

5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DOS PROJETOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA DE ENERGIA ELÉTRICA

Os resultados dos indicadores de viabilidade econômica utilizados constam na Tabela 10. O projeto A2 apresenta o maior investimento inicial, R\$10,7 milhões. O menor projeto de geração (B1) demanda investimento inicial correspondente a 57,2% do projeto A2. As comparações de investimentos possibilitam perceber ganhos de escala, pois ao inserir a capacidade nominal de geração dos projetos, a necessidade de investimento por unidade de potência é de R\$4.301,04/kW e R\$8.203,47/kW para os projetos A2 e B1, respectivamente.

Os projetos do grupo A apresentaram Valor Presente Líquido acima de zero, as taxas de retorno superiores à taxa mínima de atratividade, com tempo de retorno do capital (descontado) dentro da vida útil dos projetos (aproximadamente 4 anos para o projeto A1 e 5 anos para o projeto A2).

TABELA 10 – RESULTADO DOS INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA POR PROJETO

Projeto	A1	A2	B1	B2
Potência Bruta (MW)	2,25	2,50	0,75	1,00
Valor do Projeto (R\$)	10.002.602,85	10.752.602,85	6.152.602,85	6.652.602,85
Vida útil do projeto (anos)	25	25	25	25
TMA (% a.a.)	9,00	9,00	9,00	9,00
VPL (R\$)	15.771.630,94	11.288.039,99	-3.474.078,33	-7.551.567,60
TIR(*) (% a.a.)	28,99	22,81	0,09	-
IBC	2,58	2,05	0,44	-0,14
Pay-back descontado (anos)	3,94	4,95	>25	>25

Fonte: O autor (2019).

Nota: (*) A TIR, mediante utilização do critério de Norstrom, mostrou-se única para os projetos A1, A2 e B1.

A grandeza da TIR para os projetos A1 e A2, de início, pode causar certa desconfiança. Contudo, cabe lembrar que a partir do momento que os projetos dão

início à sua operação, as empresas consorciadas deixam de remunerar a geração centralizada e passam a absorver os benefícios da geração distribuída.

Enquanto não se implantam os projetos de investimento, as indústrias compram energia elétrica da distribuidora local remunerando-a e remunerando também o serviço de transmissão e geração, ambos realizados por terceiros. A partir do momento em que as empresas consorciadas passam a participar da Geração Distribuída, sob forma compartilhada, elas deixam de remunerar a geração por terceiros e o serviço transmissão. Com relação ao serviço de distribuição, apenas as empresas com baixa tensão necessitam remunerar uma quantidade fixa de energia consumida à distribuidora, a título de custo de disponibilidade (Anexo 12).

Com relação aos projetos de geração compartilhada do grupo B, esses mostraram-se desprovidos de viabilidade econômica. Apesar dos projetos B1 e B2 serem de menor potência de geração, em comparação aos projetos A1 e A2 – em média os projetos do grupo B representam 36,84% da potência de geração dos projetos do grupo A –, o custo operacional de ambos os projetos é relativamente próximo (ver Anexo 7). Enquanto o custo operacional dos projetos do Grupo A corresponde a R\$28.125,72/mês, o custo operacional dos Projetos B1 e B2 alcança o valor de R\$23.736,45/mês. Desta forma, o custo operacional dos projetos do grupo B equivale a 84,39% do custo operacional dos projetos do grupo A. Na prática, o que se verifica é a redução de apenas um funcionário no cargo de auxiliar, ao se comparar os projetos do Grupo A aos do grupo B. Essa característica dos projetos do grupo B apresentar elevado custo operacional em relação à capacidade de geração de energia elétrica inevitavelmente contribuiu para inibir sua viabilidade econômica.

Os projetos menores (grupo B) também têm sua inviabilidade econômica associada ao fato de apresentarem maior investimento por unidade de potência. Enquanto nos projetos A1 e A2 o valor investido por unidade de potência é de R\$4.445,60/KW e R\$4.301,04/KW respectivamente, nos projetos B1 e B2 são de R\$8.203,47/KW e R\$6.652,60/KW. Isso ocorre porque, apesar dos projetos terem potências diferentes, muitos dos investimentos são equivalentes em ambos os projetos como o barracão pré-fabricado, mesa e cadeira de escritório, microcomputador e parte dos equipamentos que compõem o sistema de geração de energia elétrica.

Na literatura, há estudos de viabilidade econômica de Projetos com geração distribuída de energia elétrica a partir da biomassa, cujos resultados são compatíveis

com os projetos viáveis dessa pesquisa. Tinoco *et al.* (2017), e Alves (2019) identificaram viabilidade econômica na geração distribuída de energia elétrica por biogás oriundo de dejetos animais. Para o primeiro autor, os resultados obtidos evidenciam VPL positivo em todos os casos (suínos, bovinos e cama de aves) e retorno do investimento em 5 anos. Para Alves (2019) dentre os diferentes cenários identificou também VPL positivo e retorno do investimento em 6,3 anos.

A Empresa de Pesquisa Energética (2018b), ao estudar o aproveitamento da biomassa residual das serrarias na área do Sistema Integrado Nacional, estimou um potencial de geração dessa biomassa na ordem de 1.169.000 toneladas, somente para o estado do Paraná, e tratou nesse estudo a geração compartilhada como oportunidade para empreendimentos.

Com relação à geração compartilhada, há de se ressaltar que a resolução que criou a modalidade é relativamente recente, final de 2015, e dessa forma a existência de trabalhos científicos e estudos de caso é ainda incipiente.

No estado do Paraná em 2019 inaugurou a Ecoperativa, a primeira cooperativa de energia elétrica a partir de biomassa lenhosa da Região Metropolitana de Curitiba, localizada na Fazenda Rio Grande. Segundo a Ecoperativa (2019), a instalação de equipamentos para geração de energia de forma individual, exige aproximadamente 2 a 5 vezes mais investimento do que uma solução coletiva como a cooperativa de energia.

Estudo de geração de energia termelétrica utilizando como fonte a biomassa florestal (cavaco de eucalipto), desenvolvido por Ribeiro (2018), apesar de não se referir a modalidade de geração distribuída e não se dar de forma compartilhada (consócio ou cooperativa), realizou análise econômica de um projeto de 10 MW.

Ao tratar a venda de energia no ACR por meio da participação em leilões de energia nova, a TIR encontrada pelo autor foi de 15% ao ano. O resultado encontrado por Ribeiro (2018) corrobora para os resultados viáveis encontrados na presente pesquisa, uma vez que evidencia viabilidade mesmo considerando preço de energia em leilões, bem abaixo do preço da energia pago pelas unidades consumidoras que é a referência para estudos em Geração Distribuída.

De acordo com Gonçalves (2015), a energia é um dos gargalos do setor produtivo no Brasil e, para piorar, do lado do setor privado, o que se vê é uma participação modesta, que pode estar relacionada, principalmente, com o *trade-off* entre retorno e risco nesses tipos de projetos. Segundo o autor, há de se considerar

o risco regulatório, que pode ser visto como um componente do risco de negócio associado diretamente à qualidade da atividade regulatória, com baixa previsibilidade.

Para a geração distribuída o risco regulatório reside principalmente nas mudanças e revisões no marco regulatório da micro e minigeração distribuída no Brasil, a Instrução Normativa nº 482/12 da ANEEL. Segundo a Associação Nacional dos Consumidores de Energia (2019), há discussão em andamento junto à ANEEL, relacionada à mudança de estrutura tarifária para a GD. A Associação evidencia a necessidade de se estabelecer um regulamento para se ter previsibilidade, desenvolvimento e segurança regulatória.

Por fim, cabe ressaltar que os resultados encontrados na presente pesquisa se referem a maio de 2019, período de pré-pandemia provocada pelo novo corona vírus. Dessa forma, não se considerou o novo cenário econômico de 2020, com taxa mínima de atratividade em média, inferior a 2019.

5.5 O IMPACTO DO ICMS NA VIABILIDADE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COMPARTILHADA

O Imposto que incide sobre o consumo de energia elétrica é o ICMS. A alíquota do referido imposto é de 29% no estado do Paraná. Atualmente no Paraná, independentemente da unidade consumidora participar da geração compartilhada ou comprar energia elétrica da distribuidora local, deve pagar o imposto sobre a energia consumida.

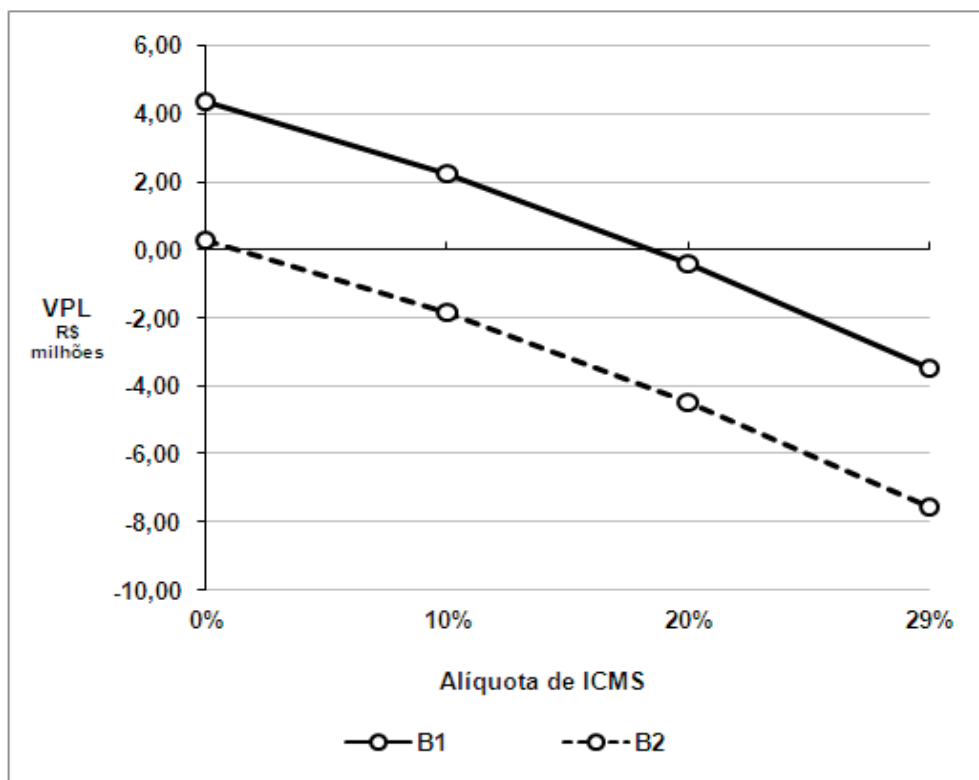
Trata-se de um elemento que onera significativamente a fatura de energia das unidades consumidoras e sua isenção se traduziria em importante desoneração da fatura de energia elétrica em projetos de geração compartilhada.

A isenção de ICMS sobre o consumo já é uma realidade para a Geração Distribuída, mas apenas quando não acontece de forma compartilhada. Assim, a geração compartilhada, até o momento, não auferiu o benefício fiscal que outras modalidades da GD já alcançaram, para plantas com potência de até 1MW.

Considerando que os projetos do grupo B mostraram-se desprovidos de viabilidade econômica, efetuou-se a redução gradual da alíquota de ICMS para as unidades consumidoras consorciadas a esses projetos, a fim de averiguar se a situação de inviabilidade poderia ser revertida com a política de gradativa redução, até a isenção do tributo que incide sobre o consumo.

Com a análise se identificou que a alíquota zero de ICMS é a única que possibilitaria verificar um Valor Presente Líquido positivo para o projeto B2, sendo esse de R\$283.202,35. O projeto B1, com a alíquota de ICMS zerada, atingiria Valor Presente Líquido de R\$4.360.691,62 (Gráfico 6).

GRÁFICO 6 – EFEITO DESONERAÇÃO DO ICMS SOBRE O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA VIABILIDADE DOS PROJETOS B1 e B2



Fonte: O autor (2019).

A explicação para a viabilidade econômica nos cenários acima está no fato de que com a isenção do ICMS, cobrado sobre o consumo de energia elétrica, a tarifa de energia elétrica reduz praticamente 1/3 do valor, dada que a alíquota de ICMS é de 29% no Paraná.

Na literatura se discute a legalidade da cobrança de ICMS sobre a geração distribuída. Oliveira (2016) conclui que a cobrança do ICMS incidente sobre a energia elétrica gerada pelo próprio consumidor é indevida tendo em vista que na operação não há transferência de titularidade do bem, ou seja, circulação de mercadoria, pois não há ato de mercancia. O autor ressalva apenas a possibilidade de incidência do ICMS na situação em que a produção de energia elétrica for inferior ao consumo, limitando o imposto à diferença entre a produção e o consumo.

Para Marshall e Tribuci (2019), o regramento de ICMS é disforme e irregular. Segundo os autores, no Brasil, inúmeros prossumidores (produtores/consumidores) estão pagando ICMS sobre toda a energia autoproduzida, só porque escolheram a Geração Compartilhada como processo mais racional para a GD.

Políticas públicas voltadas para a geração distribuída e compartilhada de energia elétrica, com uso de biomassa florestal, com vistas à eliminação do tratamento tributário desuniforme dado à geração compartilhada mostram-se essenciais para incentivar de forma concreta essa modalidade de geração e incluir projetos menores de biomassa como, por exemplo, os tratados nessa pesquisa.

A inviabilidade econômica de projetos de até 1MW de potência, sem isenção de ICMS, conforme descritos nessa pesquisa, evidencia que determinadas políticas públicas não atingem seu objetivo, pelo menos não na totalidade ou na intensidade que deveriam. A micro e minigeração distribuída, realizada de forma compartilhada, foi idealizada para atender projetos coletivos, ou seja, projetos em que os participantes, individualmente, muitas vezes não desfrutam de capacidade para operacionalizar um empreendimento de geração.

O que pode contribuir para entender a existência de políticas públicas ineficazes é a não utilização de instrumentos de mensuração de impacto de políticas públicas, por parte dos órgãos responsáveis pelas mesmas. Segundo Hersen *et al.* (2019), existem poucas publicações no campo da mensuração de impacto de políticas públicas disponíveis na literatura, o que reforça esse entendimento. Tal prática poderia ser extremamente contributiva, não somente para melhorar a utilização de recursos públicos, mas para avaliar constantemente os resultados das políticas públicas implantadas.

6 CONCLUSÕES

- Dentre as indústrias de produtos de madeira do município de Guarapuava identificou-se empresas com perfil para se organizarem sob a forma de consórcio de geração de energia elétrica, nos moldes propostos na pesquisa;
- A indisponibilidade de algumas empresas em estabelecer parcerias pode acarretar a impossibilidade de participação em projetos maiores, fora do alcance individual da empresa, que eventualmente podem se traduzir em bons resultados, a exemplo dos projetos A1 e A2 retratados na pesquisa;
- De acordo com os indicadores econômicos utilizados, os projetos de geração distribuída e compartilhada de energia elétrica, com uso de coprodutos da indústria florestal, de potência nominal de 2,25MW e 2,5MW, mostraram-se viáveis sob o ponto de vista econômico;
- Dadas as regulamentações, convênios e leis vigentes para a geração distribuída no Brasil, não se verificou viabilidade econômica para a geração compartilhada sob forma de consócio, para plantas de até 1MW de potência, com uso de coprodutos da indústria florestal;
- Os projetos menores (até 1 MW) não apresentaram viabilidade econômica. A não viabilidade pode estar associada ao fato desses projetos apresentarem maior investimento por unidade de potência nominal;
- Projetos de geração distribuída e compartilhada, inferiores a 1MW de potência nominal e que utilizam coprodutos da indústria florestal, se isentos de ICMS sobre a energia consumida, têm potencial para apresentarem viabilidade econômica e então agregarem à matriz elétrica nacional;
- Alterações na regulamentação, relacionadas à isenção de ICMS, poderiam incentivar novas plantas de geração, a exemplo da modalidade de geração compartilhada sob forma de consócio;

- Política pública de isenção de ICMS para plantas de geração compartilhada em GD, com uso de biomassa florestal como combustível, pode ser um importante estímulo para a expansão da geração distribuída no Brasil;

7 RECOMENDAÇÕES

- Há urgente necessidade de políticas públicas de inclusão e estímulo às menores empresas, principalmente micro e pequenas indústrias de produtos florestais, na geração de energia elétrica com uso de seus próprios “resíduos” (tratados nessa pesquisa como coprodutos);
- Sugere-se ao Conselho Nacional de Política Fazendária que minimamente reconheça no texto do Convênio ICMS com as unidades federativas brasileiras o contido na RN 687/2015 da ANNEL, principalmente no que se refere à geração compartilhada de energia elétrica e suas diferentes modalidades.
- Para que haja maior aderência da indústria florestal na GD recomenda-se que o limite de potência instalada da microgeração seja superior aos atuais 5MW. Com isso mais empresas se estimulariam a participar, proporcionando uma matriz elétrica mais interessante sob o ponto de vista ambiental, bem como, uma geração menos centralizada.
- Sugere-se que trabalhos futuros realizem também estudo de viabilidade econômica de projetos de cogeração de energia elétrica a partir do vapor gerado com a utilização da biomassa florestal em indústrias do município de Guarapuava.
- Recomenda-se que trabalhos futuros realizem estudos de viabilidade incluindo a biomassa urbana, resultante de poda das árvores realizada pela distribuidora local de energia elétrica e prefeitura municipal.
- Recomenda-se que trabalhos futuros analisem a viabilidade econômica de projetos em GD para micro e pequenas indústrias do setor florestal, comparando a biomassa florestal com outras fontes renováveis como solar, eólica e hidráulica.

REFERÊNCIAS

A1 ENGENHARIA. **Termoelétricas e turbinas a vapor**. Disponível em: <<https://a1.ind.br/energia.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: a definition. **Electric Power Systems Research**, v. 57, n. 3, p. 195-204, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil (parte II): fontes renováveis**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Audiência 001/2019**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/audiencias-publicas> > Acesso em 29 de agosto de 2019a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias> > Acesso em 22 de fevereiro de 2019b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica**. Brasília: ANEEL, 2010. 12p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Geração distribuída**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>> Acesso em: 03 de abril de 2019c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Geração distribuída: unidades consumidoras com geração distribuída**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp> Acesso em: 06 de junho de 2019d.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Leilão de energia garante investimento de R\$ 11,2 bilhões. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-energia-garante-investimento-de-r-11-2-bilhoes/656877?inheritRedirect=false> Acesso em: 12 de setembro de 2020b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Matriz de energia elétrica**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>> Acesso em: 06 de junho de 2019e.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. Brasília: ANEEL, 2016

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Modalidade tarifária**. Disponível em: < <https://www.aneel.gov.br/alta-tensao-itens/->

/asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/modalidade/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Falta-tensao-itens%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zNaRBjCLDgbE%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D3> Acesso em: 7 de julho de 2020a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Regulação:** Aneel atualiza metodologia de acionamento das bandeiras tarifárias. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-atualiza-metodologia-de-acionamento-das-bandeiras-tarifarias/656877> Acesso em: 04 de junho de 2019f.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. **Regulação do setor elétrico.** Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/regulacao-do-setor-eletrico>> Acesso em: 10 de novembro de 2019g.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 77 de 18 de agosto de 2004. Estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidroelétricos e aqueles com fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, com potência instalada menor ou igual a 30.000 kW. **Diário Oficial**, seção 1, p. 101, v. 141, n. 160, 19 de ago. 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 235, de 14 de novembro de 2006. Estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogeradoras de energia e dá outras providências. **Diário Oficial**, seção 1, p. 78, v. 143, n. 223, 22 de nov. 2006.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial**, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76, 19 de abr. 2012a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 517, de 11 de dezembro de 2012. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. **Diário Oficial**, seção 1, p. 121, v. 149, n. 241, 14 de dez. 2012b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. **Diário Oficial**, seção 1, p. 45, v. 152, n. 230, 2 de dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 745, de 22 de novembro de 2016. Altera a Resolução Normativa nº 77, de 18 de agosto de 2004, que estabelece procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, e dá outras providências. **Diário Oficial**, seção 1, p. 27, v. 153, n. 228, 29 nov. 2016a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 755, de 16 de dez. 2016. Aprova as Regras de Comercialização de Energia Elétrica aplicáveis ao Sistema de Contabilização e Liquidação – SCL. **Diário Oficial**, seção 1, p. 121, v. 153, n. 242, 19 de dez. 2016b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. **Diário Oficial**, seção 1, p. 94, v. 154, n. 207, 27 out. 2017.

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H.; VIANA, L. A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.31, n. 89, p. 285-297, 2017.

ALVES, R. B. **Análise da viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás de suinocultura em terminação**. 30f. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Pós Graduação em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Medianeira, 2019.

ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Caderno de Estudos**, São Paulo, v. s/n, n. 6, p. 1-16, out. 1992.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CONSUMIDORES DE ENERGIA, ANACE. Geração distribuída rumo à alteração de regras em 2020. 2019. Disponível em: <<http://www.anacebrasil.org.br/noticias/geracao-distribuida-rumo-a-alteracao-de-regras-em-2020/>>. Acesso em: 14 de setembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS COMERCIALIZADORES DE ENERGIA, ABRACEEL. **Energia Livre**: como a liberdade de escolha no setor elétrico pode mudar o Brasil. São Paulo: Abraceel, 2014.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL, APRE. **Estudo Setorial 2017/2018**. Curitiba: STCP, 2018.

BAJAY, S.; JANNUZZI, G. M.; HEIDEIER, R. B.; VILELA, I. R.; PACCOLA, J. A.; GOMES, R. **Geração distribuída e eficiência energética**: reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro. 1 Ed. Campinas: IEI Brasil, 2018.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES. **Bndes crédito médias empresas**. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-credito-medias-empresas/>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T.; MACHLINE, C. Taxa interna de retorno: controvérsias e interpretações. **GEPROS- Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 5, n. 4, p. 131-142, 2007.

BARJA, G. J. A. A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BARROS, T. D. **Licor Negro**. Disponível em:
<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn002wx5eo0sawqe35bc5orw.html>>. Acesso em: 5 de julho de 2020.

BELTRAME, B.; NASCIMENTO NETO, J. O. O papel da Aneel na regulação do setor elétrico brasileiro. **Cadernos da Escola de Direito**, Curitiba, v. 27, n. 1, p. 1-19, 2017.

BRASIL. Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 jul. 2004.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **CLBR**, Rio de Janeiro, 10 jul. 1934.

BRASIL. Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976. Dispõe sobre as Sociedades por Ações. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 1976.

BRASIL. Lei nº 4.320, de 17 de março de 1964. Estatui Normas Gerais de Direito Financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 mar. 1964.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, nº 9.648, de 27 de maio de 1998, nº 3.890-A, de 25 de abril de 1961, nº 5.655, de 20 de maio de 1971, nº 5.899, de 5 de julho de 1973, nº 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 abr. 2002.

BRASIL. Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, altera as Leis nos 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 nov. 2003.

BRASIL. Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015. Altera a Lei nº 7.689, de 15 de dezembro de 1988, para elevar a alíquota da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido - CSLL em relação às pessoas jurídicas de seguros privados e de capitalização, e às referidas nos incisos I a VII, IX e X do § 1º do art. 1º da Lei Complementar nº 105, de 10 de janeiro de 2001; altera as Leis nº s 9.808, de 20 de julho de 1999, 8.402, de 8 de janeiro de 1992, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 11.033, de 21 de dezembro de 2004, 12.715, de 17 de setembro de 2012, 9.249, de 26 de dezembro de 1995, 11.484, de 31 de maio de 2007, 12.973, de 13 de maio de 2014, 10.150, de 21 de dezembro de 2000, e 10.865, de 30 de abril de 2004; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 out. 2015.

BRASIL. Lei nº 13.360, de 17 de novembro de 2016. Altera a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, a Lei nº 9.491, de 9 de setembro de 1997, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, a Lei nº 12.767, de 27 de dezembro de 2012, a Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016, a Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015, a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 nov. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Florestas do Brasil em resumo**: 2019. Brasília: MAPA/SFB, 2019. 207p.

BRAVIN, N. J. R. **Arranjo espacial das indústrias de Guarapuava - PR**: uma análise a partir dos distritos industriais. 192 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava, Paraná, 2011.

BRESSER PEREIRA, L. C. **Desenvolvimento e crise no Brasil**. 16 Ed. São Paulo: Brasiliense, 1983.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **As decisões de investimentos**. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 2017. 152 p.

BUENO, A. P. M. **Avaliação da viabilidade de sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica para irrigação com pivô central**. 38f. 2018. Artigo Acadêmico (Trabalho de Conclusão Curso, Graduação em Engenharia Ambiental), Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

CAIXETA, A. C. D.; WANDER, A. E. Nova Economia Institucional e Agronegócio: aplicações e limitações. **Conjuntura Econômica Goiana**, Goiânia, 2015, v. s/n, n.34, p. 33-42, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Custo Unitário Básico**: indicador dos custos do setor da construção civil. Disponível em: <<http://www.cub.org.br/>>. Acesso em 12 de dezembro de 2019.

CARVALHO, S. S. Uma visão geral sobre a reforma trabalhista. **Boletim Mercado de Trabalho - Conjuntura e Análise**, nº 63, outubro de 2017.

CASTILHO, T.; PIMENTEL, L. C. **A isenção do icms para a geração distribuída de energia**: críticas, riscos e exemplo. Editora Brasil Energia. Disponível em: <brasilenergia.editorabrasilenergia.com.br/geracao/>. Acesso em 5 de abril de 2019.

CASTRO, L. H. **Consórcio de empresas**. Brasília: Sebrae, 2014. 40 p.

CASTRO, R. ; LYRA FILHO, C. Um método de suporte a decisões sobre investimento e comercialização de energia elétrica no Brasil. **Revista Controle & Automação**, Campinas, v. 16, n.4, p.478-494, 2005.

CAVALCANTE, L. R. **Custos do trabalho: uma análise da indústria brasileira no período 1996-2012**. Rio de Janeiro: IPEA, 2015. 43 p. (Texto para Discussão n. 2050)

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS – ELETROBRÁS. **Sobre a Eletrobrás: história**. Disponível em: < <http://eletrobras.com/pt/Paginas/Historia.aspx> >. Acesso em: 07 de março de 2019.

CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. **História do setor elétrico**. Disponível em: < <https://portal.memoriadaeletricidade.com.br/> >. Acesso em: 01 de março de 2019.

CONCEIÇÃO, R. J.; COSTA, A. J. D. Custos de transação e estruturas organizacionais: um estudo de caso para o setor petrolífero. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP. Bauru, SP, **Anais...** XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 2006.

CONSELHO MUNDIAL DE ENERGIA. **Dicionário de Terminologia Energética 2001**. 3ª ed. Rio de Janeiro: CBCME, 2001. 324 p

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA, CONFAZ. Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015. Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Diário Oficial da União**, 27 de abr. 2015.

COMISSÃO NACIONAL DE CLASSIFICAÇÃO/INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – CONCLA/IBGE. **Atividades**. Disponível em: <<https://cnae.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 09 de março de 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, CNI. **Inovação e tecnologia**. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/>>. Acesso em: 10 de junho de 2019.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. (Orgs.). **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

CRNKOVIC, L. H.; MORETTI, S. L. A. Gestão de micro e pequenas empresas: uma proposta de disciplina para a formação do engenheiro. GEPROS. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 7, n. 4, p. 11-24, 2012.

DAMÁZIO, A. M. **Referenciais de cooperação do SEBRAE**. Brasília: SEBRAE, 2012. 106 p.

DASSI, J. A.; ZANIN, A.; BAGATINI, F. M.; TIBOLA, A.; BARICHELLO, R.; MOURA, G. D. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. **Congresso Brasileiro de Custos**, São Leopoldo-RS, v. 26, n. 1, p.1-16, 2015.

DAZA, E. F. B. **Análise da regulação econômica do setor elétrico brasileiro**. 90f. 2014. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade do Vale do Rio dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, RS, 2014.

DENARDIN, A. A. A importância do custo de oportunidade para a avaliação de empreendimentos baseados na criação de valor econômico (economic value added – eva). **ConTexto**, Porto Alegre, v. 4, n. 6, p.1-20, 2004.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL / SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, DERAL/SEAB. **Preços de produtos florestais**. Disponível em: < <http://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Precos-de-Produtos-Florestais/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

ECOPERATIVA. **Lançamento da Cooperativa de Energia Paraná 1 – Ecoperativa**. Disponível em: < <http://www.ecoperativa.com.br>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

ELETROBRÁS; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; PROCEL INDÚSTRIA. **Análise econômica de investimento**: guia básico. Brasília: IEL/NC, 2008. 85 p

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. **Balanco energético Nacional 2017**: ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. **Recursos energéticos**: potencial dos recursos energéticos no horizonte 2050. Rio de Janeiro: EPE/MME, 2018a. 184p

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE. **Potencial energético de resíduos florestais do manejo sustentável e de resíduos da industrialização da madeira**. Rio de Janeiro: EPE/MME, 2018b. 62p

ENERGISA DISTRIBUIDORA. **Área de atuação da Energisa em Guarapuava**. Relatório Interno, 2019.

FARIAS, C. V. S. Redes de cooperação e internacionalização da vitivinicultura brasileira: o caso Wines from Brazil. **Facef Pesquisa**, Franca, v.14, n.1, p. 52-66, 2011.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; DA SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 646p.

FIANI, R. Teoria dos custos de transação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial**: fundamentos teóricos e prática no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p.267-276.

FIELD, A. **Descobrimos a Estatística usando o SPSS**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A.; SANTOS FILHO, R. P.; ROCHA, E. C.; NASCIMENTO, W. S.; SILVA, M. B.; SILVA, L. E. O. Happy together: como utilizar análise fatorial e análise de cluster para mensurar a qualidade das políticas públicas. **Teoria & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 22, n. 2, p. 123-152, 2014.

FIRJAN-FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Quanto custa a energia elétrica para a indústria no Brasil?** Rio de Janeiro: FIRJAN, 2011.

FIRJAN- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil?** Rio de Janeiro: FIRJAN, 2017.

FLOREZI, G. **Consumidores livres de energia elétrica: uma visão prática**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 158 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FONSECA, A. D. **Biomass-to-liquids: uma contribuição ao estudo da obtenção de biocombustíveis sintéticos através da síntese Fischer-Tropsch**. 143 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Energia) – Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FREOA, R. P. **Do contrato de participação em grupo de consórcio para aquisição de bens ou serviços**. 20 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Direito Civil) – Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIL, A. C. **Estudo de caso**. São Paulo: atlas, 2009. 148 p.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10 Ed. São Paulo: Harbra, 2007.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p.7-20, 2007.

GOLDENBERG, J.; PRADO, L. T. S. Reforma e crise do setor elétrico no período FHC. **Tempo Social**, São Paulo, v.15, n.2, p. 219-235, 2003.

GOMES, J. P. P; VIEIRA, M. M. F. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **RAP – Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, p. 295-321, 2009.

GOMES, S. C. S.; ABARCA, C. D. G.; FARIA, E. A. S. T.; FERNANDES, H. H. O. O setor elétrico. In: SÃO PAULO, E. M.; KALACHE FILHO, J. (Orgs.). **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social 50 anos: histórias setoriais**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002. 280 p.

GONÇALVES, E. **Percepção de risco no setor elétrico brasileiro**. 2015. Disponível em: <<https://ceri.fgv.br/publicacoes/percepcao-de-risco-no-setor-eletrico-brasileiro>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

GUARAPUAVA. Lei nº 1.108, de 28 de dezembro de 2001. Institui o código tributário municipal e dá outras providências. **Diário Oficial**, 31 dez. 2001.

GUERRA, S. P. S.; EUFRATE JUNIOR, H. J. (Orgs.). **Recuperação energética da biomassa de tocos e raízes de florestas plantadas**. Botucatu: FEPAF, 2019.

GUIMARÃES, A. B. S.; CARVALHO, K. C. M.; PAIXÃO, L. A. R. Micro, pequenas e médias empresas: conceitos e estatísticas. **Radar**, Brasília, n. 55, fev, 2018.

GUJARATI, D. N. **Econometria básica**. 3 Ed. São Paulo: Makron Books, 2000. 846p.

HAIR JUNIOR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.

HEIDEIER, R. B. **Conceitos básicos de risco na comercialização de energia elétrica no Setor Elétrico Brasileiro e a atuação governamental**. 126f. 2009. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

HERSEN, A.; HEFLICH, V. A.; LIMA, J. F. A desvalorização cambial e a exportação de produtos florestais madeireiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 57, n. 3, p. 368-378, 2019.

HILL, C.; GRIFFITHS, W.; JUDGE, G. **Econometria**. 3 Ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 471p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DA ÁRVORE, IBÁ. **Relatório anual**: 2019. Disponível em: <<https://iba.org/publicacoes>>. Acesso em: 20 de abril de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DAS INDÚSTRIAS DE PELLETS BIOMASSA E BRIQUETE, IBP. **Biomassa**. Disponível em: <<http://abibbrasil.wixsite.com/institutobrpellets/biomassa>>. Acesso em: 07 de março de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, INEE. **O que é geração distribuída**. Disponível em: <<http://abibbrasil.wixsite.com/institutobrpellets/biomassa>>. Acesso em: 02 de abril de 2019.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, IPARDES. **Caderno estatístico**: município de Guarapuava. Curitiba: IPARDES, 2019. 46p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. **Distributed generation in liberalised electricity markets**. Paris: OECD/IEA, 2002. 125p.

ITÁ. **Sobre o consórcio**. Disponível em: <<http://www.consorcioita.com.br/consorcio-ita.html>>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

KREIN, J. D.; OLIVEIRA, R. V.; FILGUEIRAS, V. A. As reformas trabalhistas: promessas e impactos na vida de quem trabalha. **Caderno CRH**, Salvador, v.32, n. 86, p. 225-229, 2019.

LABTIME. **Fundamentos do setor elétrico**. Disponível em: <<http://www.labtime.ufg.br/modulos/aneel/index.html>>. Acesso em: 22 de julho de 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 1993.

LAZAR, J. **Electricity Regulation in the US: a guide**. Second Edition. Montpelier, VT: The Regulatory Assistance Project, 2016. Disponível em: <<http://www.raponline.org/knowledge-center/electricityregulation-in-the-us-a-guide-2>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

LEMES, A. S. **Eletricidade básica**. 27f. 2019. (Apostila) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus de Presidente Epitácio. Presidente Epitácio, 2019.

LOPER, A. A. **Análise das empresas produtoras de pinus e eucalipto no estado do Paraná**: subsídios para política setorial. 115 f. 2017. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LORENZO, H. C. O setor elétrico brasileiro: passado e futuro. **Perspectivas**, São Paulo, v. 24-25, p. 147-170, 2001-2002.

LUZ, V. S. **Análise dos fatores críticos de sucesso no ambiente de livre negociação de energia elétrica no Brasil**. 92 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia, Niterói, 2016.

MACCARINI, A. C. **Desenvolvimento metodológico para conversão energética de resíduos de plantios florestais e de poda de árvores urbanas**. 234f. Tese (doutorado Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MACULAN, A. N. Capacitação tecnológica e inovação nas empresas brasileiras: balanço e perspectivas. **Cadernos EBAPE.BR-FGV**, Edição Especial, p.1-18, 2005.

MACEDO, C. A. A.; ALBUQUERQUE, A. A.; MORALLES, H. F. Analysis of economic and financial viability and risk evaluation of a wind project with Monte Carlo simulation. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 731-744, 2017.

MAGINA, S.; CAZORLA, I.; GITIRANA, V.; GUIMARÃES, G. Conception and alternative conception of mean: a comparative study among teachers and students from basic school. **Educar em Revista**, Curitiba, s/v, n. especial 2, p. 59-72, 2010.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 720p.

MARTINS, J. G. F.; LEONE, R. J. G.; LEONE, N. M. C. P. G. Proposta de método para classificação do porte das empresas. Natal, **Connexio**, v. 6, n. 1, p. 139-155, 2016.

MARTINS, J. G. F. **Proposta de método para classificação do porte das empresas**. Universidade Potiguar – UnP. 78f. 2014. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Potiguar – UnP, Natal, 2014.

MAROCO, J. **Análise estatística**: com utilização do SPSS. 3 Ed. Lisboa: Sílabo, 2007. 822p.

MARSHALL, O; TRIBUCI, E. **ICMS na geração distribuída**: gênese de uma tributação indevida. 2019. Disponível em: <http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/21_marshall_2019_08_01-convertido.pdf> Acesso em: 25 de abril de 2020.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**: edição compactada. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008. 310p.

MENDES, A. L. S. **O papel da autoprodução e produção independente de energias renováveis no mercado brasileiro de energia elétrica**. 124 f. 2011. Dissertação (Mestrado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

MENDES, A. L. S.; PINTO, M. M. Autoprodução e produção independente de energia elétrica a partir de fontes renováveis no Brasil. In: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, Vitória, ES, **Anais...** VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2011.

MENDES, K.; FIGUEIREDO, J. C.; MICHELS, I. L. A nova economia institucional e sua aplicação no estudo do agronegócio brasileiro. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v.6, n.3, p.309-342, 2002.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, MME. **Energia solar no Brasil e mundo**: ano referência – 2016. Edição 16 de outubro de 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/>> Acesso em: 30 de março de 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, MME. **Progd – programa de desenvolvimento de geração distribuída de energia elétrica**: ações de estímulo à geração distribuída, com base em fontes renováveis. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030>. Acesso em: 4 de abril de 2019.

MIRANDA, M. B. Consórcio de empresas. **Revista Eletrônica Direito, Justiça e Cidadania**, São Roque, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2010.

MORAES, P. L. **Usina híbrida heliotérmica-biomassa em ciclo rankine orgânico**. 70f. Projeto de graduação – Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

MORAIS, M. O.; BREJÃO, A. S.; FERIGATTO, E. A.; COSTA NETO, P. L. O. A Inovação como Ferramenta Estratégica na Organização: Estudo de caso em uma Empresa de Eletroeletrônicos. **Revista de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 69-81, 2017.

NASCIMENTO, E. B. C. **Confiança em consórcio empresarial**: confiabilidade e prestação de contas no SERVTEC/PE. 115f. 2014. Dissertação (Mestrado em Administração) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

NEGRÃO, R. **Manual de direito comercial e de empresa**. 13 Ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

NUNES, S. D. M. **Análise e avaliação de um projeto de investimento em ativos reais**. 81 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão), Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

OLIVEIRA, M. A. O impacto do ICMS na geração distribuída no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Cascavel, v.5, n.3, p.407-417, 2016.

OLIVEIRA, M. H. F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza**: uma comparação entre o método de monte carlo e o vpl fuzzy. São Carlos: LG, 2008. 209p.

PARANHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C.; SILVA JUNIOR, J. A.; FREITAS, D. Uma introdução aos métodos mistos. **Sociologias**, Porto Alegre, v.18, n. 42, p. 384-411, 2016.

PASTORE, J. **A batalha dos encargos sociais**. Folha de São Paulo, São Paulo, 28 fev. 1996.

PRADO, O. Agências reguladoras e transparência: a disponibilização de informações pela Aneel. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.40, n.4, p. 631-646, 2006.

PREILIPPER, U. E. M.; DALFOVO, W. C. T.; ZAPPAROLI, I. D.; MAROUBO, L. A.; MAINARDES, E. L. Aproveitamento do resíduo madeireiro na produção de energia termoelétrica no município de Marcelândia-MT. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, n. 02, p. 411-428, 2016.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, PNUD; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. **Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. 2010.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/164/publicacao/164_publicacao10012011033201.pdf>. Acesso em: 07 de março de 2018.

PUCCINI, E. C. **Matemática financeira e análise de investimentos**. Brasília: CAPES/UAB, 2011. 204p.

PUGA, F. P. **O apoio financeiro às micro, pequenas e médias empresas na Espanha, no Japão e no México**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002. (Texto para Discussão 96)

QUOILIN, S. **An introduction to thermodynamics applied to organic rankine cycles**. STG International, 2008. 19 p.

REBELATTO, D.A.N. **Projeto de investimento**: com estudo de caso completo na área de serviços. Barueri: Manole, 2004.

RECEITA FEDERAL, RF. Instrução Normativa RFB nº 1700, de 14 de março de 2017. Dispõe sobre a determinação e o pagamento do imposto sobre a renda e da contribuição social sobre o lucro líquido das pessoas jurídicas e disciplina o tratamento tributário da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins no que se refere às alterações introduzidas pela Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014. **Diário Oficial da União**, seção 1, p. 23, 16 de mar. 2017.

REIS, E. **Estatística multivariada**. 2 Ed. Lisboa: Sílabo, 2001. 343p.

REIS, R. J.; REIS, L. S. (Orgs.). **Potencial da energia de biomassa em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Rona, 2017. 380p.

RIBEIRO, G. B. D. **Análise técnica e econômica da produção de energia termelétrica a partir da biomassa florestal**. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R.W.; JORDAN, B.D; LAMB, R. **Fundamentos de administração financeira**. 9 Ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 772p

RYBA, A.; LENZI, E. K.; LENZI, M. K. **Elementos de Engenharia Econômica**. Editora Intersaberes: São Paulo, 2012. 156 p.

SAMPAIO FILHO, A. C. S. **Taxa interna de retorno modificada**: proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2008.

SANTANA, E. N.; CUNHA, L. P.; MARIZ, F. B. A. R. Indicadores de desempenho para micro e pequenas empresas: análise da literatura e estudo de caso. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Contribuições da Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil, João Pessoa, PB, **Anais...** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016.

SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia & biorrefinaria**: cana de açúcar & espécies florestais. Viçosa (MG): Os Editores, 2013.

SARTORIS, A. **Estatística e introdução à econometria**. São Paulo: Saraiva, 2003. 426p.

SEIDEL, E. J.; MOREIRA JUNIOR, F. J.; ANSUJ, A. P.; NOAL, M. R. C. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Ciência e Natureza**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 07-15, 2008.

SERATTO, C. D. **Viabilidade econômica de um projeto de produção de energia elétrica via biomassa florestal**: estudo de caso a partir da usina Santa Terezinha de Paranaity. 2010. 238 f. Dissertação (Mestrado em Economia), Universidade Estadual de Maringá, 2010.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, SEBRAE. **Participação das micro e pequenas empresas na economia brasileira**. Brasília: UGE/Sebrae, 2014. 106p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, SEBRAE. **Consórcio WinesFronBrazil**: “uma andorinha só não faz verão”. Disponível em: <[https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/0BA7644EA8ED628483257855001695D9/\\$File/NT000454C6.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/0BA7644EA8ED628483257855001695D9/$File/NT000454C6.pdf)>. Acesso em: 30 de maio de 2019.

SIMIONI, F. J.; BUSCHINELLI, C. C. A.; DEBONI, T. L.; PASSOS, B. M. Cadeia produtiva de energia de biomassa florestal: o caso da lenha de eucalipto no polo produtivo de Itapeva – SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 28, n. 1, p. 310-323, 2018.

SILVA, D. A.; OSHIRO, C. R. **Energias naturais renováveis**. Curitiba: UFPR/PECCA, 2017. 117p.(Apostila)

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 Ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

SILVA JUNIOR, B. **Avaliação da atratividade de negócios em geração distribuída e economia de energia elétrica**: piloto aplicado dentro dos estudos do

PIR na RAA. 176f. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA NÉTO, A. T.; TEIXEIRA, R. M. T. Mensuração do grau de inovação de micro e pequenas empresas: estudo em da cadeia têxtil confecção em Sergipe. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 205-229, jul./set., 2011.

SMALL, M. L. How to conduct a mixed methods study: Recent trends in rapidly growing literature. **Annual Review Sociology**, v. 37, p. 57-86, 2011.

SINDICATO DOS TRABALHADORES NAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO E DO MOBILIÁRIO DE GUARAPUAVA. **Termo aditivo a convenção coletiva de trabalho 2019/2020**. Disponível em: <<http://sticmguarapuava.org.br/convencoes.php>>. Acesso em: 6 de agosto de 2019.

SINDUSMADEIRA. **Sobre**. Disponível em: <<http://sindusmadeira.com.br/sobre/>> Acesso em: 02 de abril de 2019a.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça(SP), v. 4, n. 8, p. 1-9, 2006.

SOCOL, F. J.; PEREIRA, A. L. CELESTE, W. C.; COURA, D. J. C.; CHAVES, G. L. D. Desafios para implementação da geração distribuída de energia no Brasil: uma revisão integrativa da literatura. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 2, nº 3, p. 31-43, 2016.

SOTSEK, N. C. **Implantação de um estudo prospectivo**: pesquisa-ação no segmento de painéis tipo MDF, no setor madeireiro no estado do Paraná. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos**: fundamentos, técnicas e aplicações. São Paulo: Atlas, 2015. 194p.

SOUZA, N. R. D.; ALENCAR, L. S.; MAZZONETTO, A. W. Potencial energético do resíduo das podas de árvores no município de Piracicaba – SP. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n.3, p.237-245, 2016.

TAMAROZI, R. **Identificação, modelagem e mitigação de riscos em operações de comercialização de energia elétrica no mercado brasileiro**. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

THUMS, A.; DALL AGNOL, M.; MARETH, T.; CHAMUN, L. M. Custo Padrão como ferramenta de controle: uma revisão sistemática. In: XXV Congresso Brasileiro de Custos, Vitória, ES, **Anais...** XXV Congresso Brasileiro de Custos, 2018.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. **Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais** – um estudo de caso. 126f. Tese (Doutorado em Engenharia

Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TINOCO, C. M. M.; SCANAVEZ, P. H. F.; MARTINS, J. C.; MARTINS, L. C. Análise de viabilidade econômica da geração de energia elétrica por biomassa provinda de propriedades rurais. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEPP. Joinville, SC, **Anais...** XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEPP, 2017.

TOLMASQUIM, M. T. (Coord.). **Energia termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear**. Rio de Janeiro: EPE, 2016. 417p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Distributed generation of electricity and its environmental impacts**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>>. Acesso em: 30 de novembro de 2019.

VICINI, L.; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215p.

VIEIRA, S. **Como elaborar questionários**. São Paulo: Atlas, 2009. 159p.

WALVIS, A. **Avaliação das reformas recentes no setor elétrico brasileiro e sua relação com o desenvolvimento do mercado livre de energia**. 100 f. 2014. Dissertação (Mestrado em finanças e Economia Empresarial) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Pós-Graduação em Economia, Rio de Janeiro, 2014.

WIECHETECK, M. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**. Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental. Curitiba: MMA, 2009.40p.


WILLIAMSON, O. E. Calculativeness, trust, and economic organization. **Journal of Law and Economics**, v 36, n. s/n, p. 453-486, 1993.

WORLD BIOENERGY ASSOCIATION. **Global bioenergy statistics 2017**. Disponível em: <<https://www.worldbioenergy.org>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

WORLD ENERGY COUNCIL, WEC. **Data: biomass**. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/biomass/>>. Acesso em: 15 de março de 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 248 p.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO

	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ Setor de Ciências Agrárias Pós Graduação em Engenharia Florestal Linha de Pesquisa em Economia, Administração e Política florestal
---	---

Questionário avaliativo da dependência e interesse em reduzir custo da energia elétrica

1a. Nome Fantasia da Empresa: 1b. Razão Social da Empresa:

2. Setor de atuação da empresa:
☐ Agropecuário ☐ Indústria ☐ Comércio ☐ Serviços

3. Produto principal da Empresa:

4. Número de funcionários registrados na Empresa:

5. Sindicato Patronal que a empresa está associada:

6a. Nome do respondente: 6b. Cargo na Empresa: 6c. Fone para contato:

7. A empresa tem sido afetada pelas oscilações no preço da energia elétrica nos últimos anos:
☐ Sim ☐ não

8. O gasto com energia elétrica é uma despesa significativa para a empresa:
☐ Sim ☐ não

9. Na estrutura de custos da empresa, qual o percentual que a energia elétrica representa no custo total de produção?
 % (Obs: use uma casa decimal, se necessário)

10. Para cada uma das medidas de redução de gasto com energia elétrica, marque se a medida está sendo utilizada ou foi utilizada nos últimos 5 anos:
☐ Uso mais racional da energia elétrica
☐ Investimentos em máquinas/equipamentos com menor consumo de energia elétrica
☐ Compra de energia elétrica mais barata
☐ Geração de sua própria energia elétrica
☐ Outra (favor detalhar: _____)

11. Caso a empresa já tenha adotado alguma(s) medida(s) para reduzir o gasto com energia elétrica, qual o percentual de redução na fatura mensal se obteve com a(s) medida(s) adotada(s)?
 % (Obs: use uma casa decimal, se necessário)

12. A empresa tem interesse de buscar alternativas de reduzir o preço da energia elétrica consumida:
☐ Sim ☐ não

13. Se houvesse a possibilidade de sua empresa fazer parte de um consórcio empresarial de geração de energia elétrica, descreva por quais razões sua empresa faria parte:

14. Se houvesse a possibilidade de sua empresa fazer parte de um consórcio empresarial de geração de energia elétrica, descreva por quais razões sua empresa não faria parte:

Questionário para análise fatorial e de agrupamento das empresas

Das questões 01 à 15 marque um X em uma das alternativas conforme a seguinte legenda:

- ☐ 1 = Discordo totalmente (DT)
☐ 2 = Discordo parcialmente (DP)
☐ 3 = Neutra (N)
☐ 4 = Concordo parcialmente (CP)
☐ 5 = Concordo totalmente (CT)

	Resposta				
1. A empresa tem controle detalhado sobre todos os seus custos de produção	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
2. A empresa tem um grupo específico de profissionais para estudar, discutir e propor estratégias de redução de custos e despesas	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
3. O gasto com energia elétrica é relevante nos custos da empresa	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
4. A empresa está preocupada com o preço pago pela energia elétrica	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
5. A empresa não consegue reduzir o preço da energia elétrica que consome	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
6. A empresa tem preocupação ambiental	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
7. A empresa tem demonstrado de forma prática sua preocupação ambiental	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
8. A empresa prioriza utilizar combustível de fontes renováveis	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
9. A empresa tem clientes que exigem práticas que demonstrem preocupação ambiental	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
10. A empresa acredita que parcerias e consórcios são importantes para a redução de custos	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
11. A empresa participa ativamente de associações empresariais	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
12. Para manter a competitividade, a empresa tem muitas atividades coletivas na sociedade	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT
13. A empresa tem realizado convênios, parcerias público-privada ou outras atividades que envolvem parceiros externos	1	2	3	4	5
	DT	DP	N	CP	CT

Questionário para análise de viabilidade econômica

1. Tipo de madeira utilizada na empresa:

☐ Eucalipto ☐ Pinus ☐ Outra (especificar: _____)

2. Tipos de resíduos sólidos gerados na empresa:

☐ Serragem ☐ Cepilho ☐ Cavaco ☐ Outro (Especificar: _____)

3. Quantidade de resíduos sólidos gerados por mês em toneladas:

____ ton./mês de Serragem ____ ton./mês de Cepilho ____ ton./mês de cavaco ____ ton./mês Outro

4. Destino dado aos resíduos sólidos gerados:

☐ Venda ☐ Consumo próprio ☐ Doação ☐ subproduto ☐ A definir

5. Caso o resíduo seja vendido, qual o preço de venda:

____ / ____ (R\$/unidade) Serragem ____ / ____ (R\$/unidade) Cepilho

____ / ____ (R\$/unidade) cavaco ____ / ____ (R\$/unidade) Outro

Obs: Anexar cópia da última fatura de energia elétrica!

ANEXO 2 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POR AGRUPAMENTO

Agrupamento	Característica do agrupamento	Cód. da Empresa	Média de 12 meses de consumo (**) de energia elétrica (kWh)		Soma (kWh)	Consumo médio mensal por agrupamento (kWh)
			Ponta	Fora da ponta		
1	Acreditam em parceria, dificuldades de gestão	1	0	257	257	266.439
		2	159	14.925	15.084	
		3	291	20.434	20.725	
		9	0	5.403	5.403	
		10	1.315	49.203	50.518	
		11	*	*	*	
		13	0	3.977	3.977	
		14	0	4.370	4.370	
		16	*	*	*	
		17	6.629	101.979	108.609	
		23	*	*	*	
		25	0	682	682	
		26	1.272	49.882	51.154	
		27	*	*	*	
		28	*	*	*	
		31	0	5.661	5.661	
2	Descrentes de parcerias	4	53	6.603	6.656	107.358
		6	0	4.365	4.365	
		8	13	4.398	4.411	
		12	*	*	*	
		19	0	4.557	4.557	
		20	52	4.506	4.558	
		21	0	4.473	4.473	
		22	1.070	54.649	55.719	
		24	338	22.283	22.621	
3	Parceiros ideais	5	*	*	*	1.292.370
		7	*	*	*	
		15	34	4.638	4.672	
		18	478	29.049	29.527	
		29	24.796	276.433	301.228	
		30	69.518	775.451	844.969	
		32	9.400	102.574	111.974	

Fonte: O autor (2019).

Nota: (*) Empresas que optaram em não participar do estudo da potência da planta de geração e não disponibilizaram seus históricos de consumo de energia elétrica. (**) Para as empresas que utilizam média e alta tensão, considerou-se o consumo de energia elétrica na ponta e o consumo fora da ponta.

**ANEXO 3 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DAS INDÚSTRIAS ALOCADAS
POR PROJETO PARA GERAÇÃO COMPARTILHADA**

Projeto	Consumo médio mensal do agregado de indústrias (kWh)	Desvio-padrão
A	1.292.370	109.877,8
B	412.612	69.398,7

Fonte: O autor (2019).

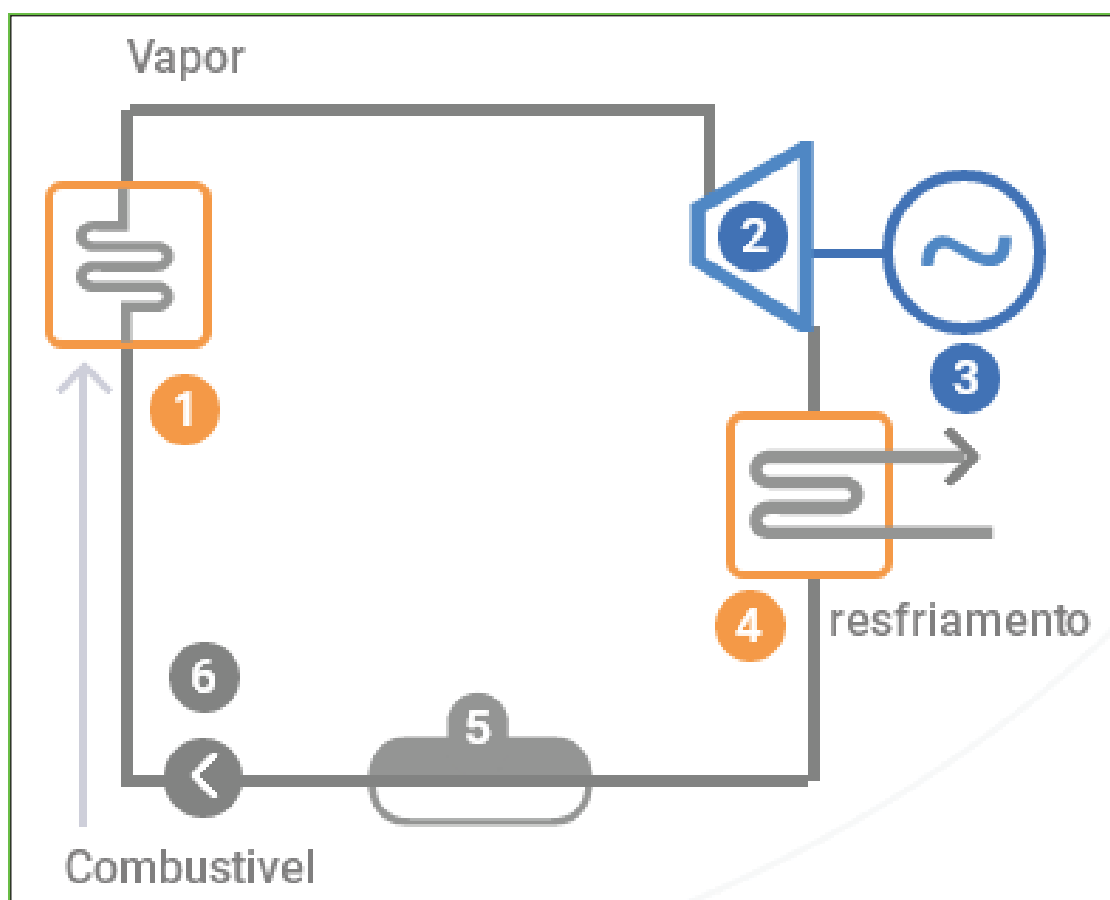
ANEXO 4 – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS PROJETOS DE GERAÇÃO

Elemento	Descrição	Projeto				Unid.
		A1	A2	B1	B2	
Potência e geração	Potência bruta de geração	2,25	2,50	0,75	1,00	MW
	Fator de consumo Interno	0,13	0,13	0,13	0,13	(%)
	Fator de indisponibilidade	0,10	0,10	0,10	0,10	(%)
	Horas no mês	720	720	720	720	h
	Potência líquida	1,73	1,93	0,58	0,77	MW
	Energia líquida gerada (mês)	1.247,40	1.386,00	415,80	554,40	MWh
	Energia líquida gerada (ano)	14.968,80	16.632,00	4.989,60	6.652,80	MWh
Caldeira (*)	Pressão	27	27	27	27	bar (g)
	Temperatura	350	350	350	350	°C
	Vazão de vapor	15	17	5	7	t/h
Combustível (**)	Umidade na base seca	0,45	0,45	0,45	0,45	(%)
	PCI (***)	2.200	2.200	2.200	2.200	kcal/kg
	Consumo específico de combustível	2,55	2,55	2,55	2,55	t/MWh
	Consumo de combustível	5,73	6,37	1,91	2,55	t/h
	Combustível por mês	4.126,87	4.585,42	1.375,62	1.834,17	t

Fonte: O autor (2019) com base na proposta comercial da Empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia.

Nota: (*) Caldeira tipo Flamotubular; (**) Combustível considerado é o coproduto de madeira proveniente das indústrias participantes da pesquisa; (***) Poder Calorífico Inferior.

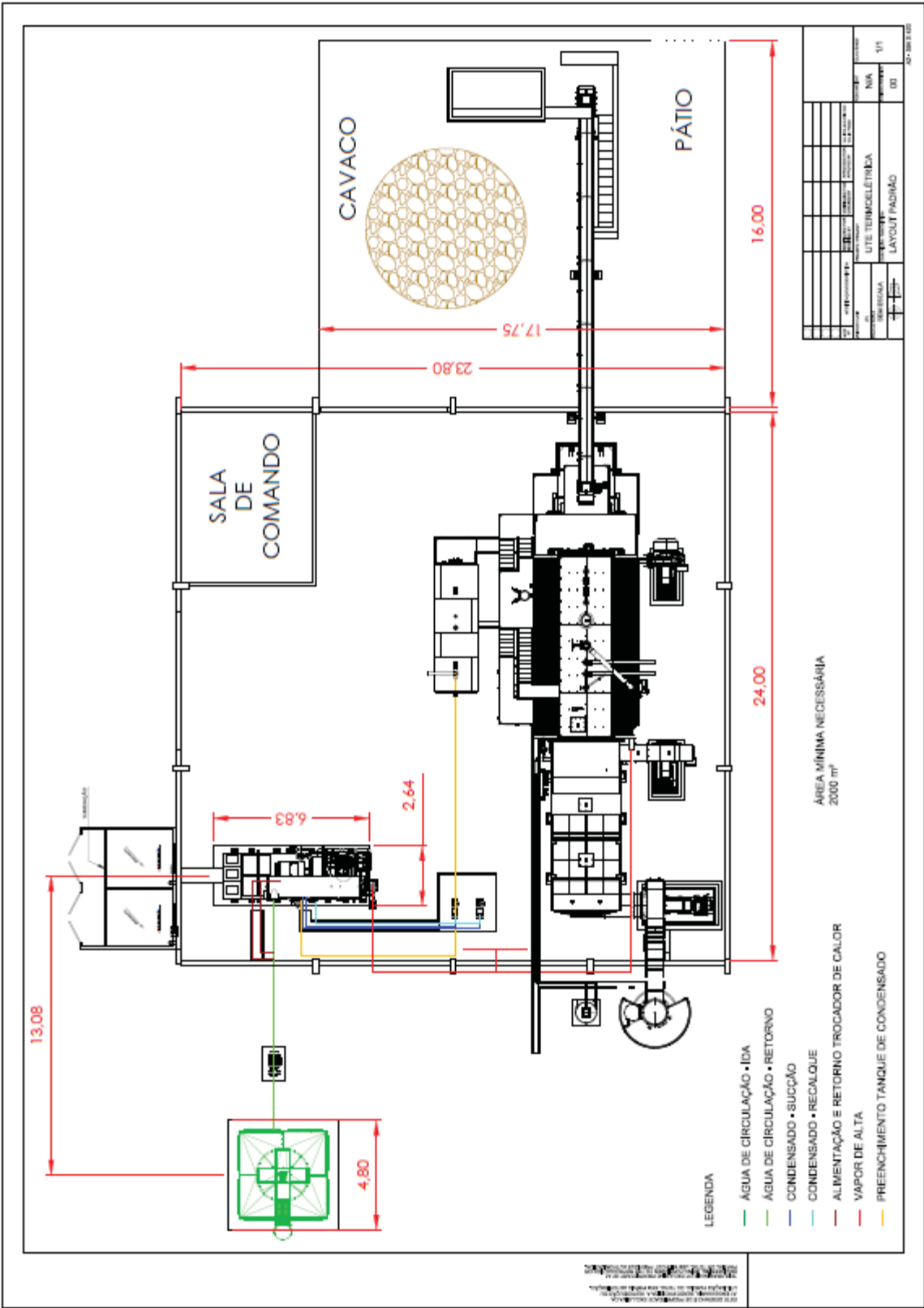
ANEXO 5 – CICLO TÉRMICO RANKINE E COMPONENTES BÁSICOS (*)



Fonte: LABTIME (2019).

Nota: 1-Caldeira, 2-Turbina, 3-Gerador elétrico, 4-Condensador, 5-Desaerador, 6-Bomba. (*) A água utilizada no sistema, como fluido de trabalho, encontra-se em circuito fechado. O ciclo tem início com o bombeamento de água que segue para a caldeira. Nessa caldeira, a energia térmica liberada pela queima do combustível é transferida ao fluido de trabalho, que atinge temperaturas desde alguns graus de superaquecimento até valores da ordem de 600°C. Na sequência, o vapor em alta pressão e temperatura é então expandido na turbina, onde as energias de pressão estática e cinética do vapor são transferidas às palhetas fixas e móveis do rotor, em um ou mais estágios, transformando-se em trabalho de eixo. Após a saída da turbina, o vapor saturado encontra-se comumente à baixa pressão e temperatura havendo a necessidade de retirada de calor para a condensação da água, que ocorre no condensador. Na sequência, a água condensada, com a devida reposição se necessário, é bombeada no estado líquido novamente à caldeira, fazendo o fechamento do ciclo (LABTIME, 2019).

**ANEXO 6 – PROJETO PADRÃO PARA PLANTAS DE GERAÇÃO COM
POTÊNCIA ENTRE 0,5MW- 2,5MW**



Fonte: Empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia.

ANEXO 7 – IDENTIFICAÇÃO DO CUSTO OPERACIONAL MENSAL DOS PROJETOS

Projeto	Cargo	Piso Salarial (R\$)	Adicional Para Função Com Exigência de Capacitação (%)	Custo do Trabalho		Custo Operacional Mensal (R\$)
				Salário de Registro em Carteira de Trabalho (R\$)	Custo do Trabalho Além do Registrado em Carteira (R\$)	
A	Operador 1	1.434,40	20	1.721,28	1.824,56	28.125,72
	Operador 2	1.434,40	20	1.721,28	3.545,84	
	Operador 3	1.434,40	20	1.721,28	3.545,84	
	Operador 4	1.434,40	20	1.721,28	3.545,84	
	Auxiliar 1	1.434,40	0	1.434,40	2.954,86	
	Auxiliar 2	1.434,40	0	1.434,40	2.954,86	
B	Operador 1	1.434,40	20	1.721,28	1.824,56	23.736,45
	Operador 2	1.434,40	20	1.721,28	3.545,84	
	Operador 3	1.434,40	20	1.721,28	3.545,84	
	Operador 4	1.434,40	20	1.721,28	3.545,84	
	Auxiliar 1	1.434,40	0	1.434,40	2.954,86	

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 8 – ESTIMATIVA DE CONSUMO E GASTO COM COMBUSTÍVEL POR PROJETO

Elemento	Descrição	Projeto				Unid.
		A1	A2	B1	B2	
Geração (*)	Potência bruta	2,25	2,50	0,75	1,00	MW
Combustível	Biomassa (cavaco)	5,73	6,37	1,91	2,55	t/h
	Preço da biomassa (**)	58,05	58,05	58,05	58,05	R\$/t
	Gasto mensal	239.565,03	266.183,36	79.934,85	106.579,80	R\$/mês

Fonte: O autor (2019).

Nota: (*) Proposta comercial de empresa da área de engenharia; (**) Preço médio ponderado pela quantidade de biomassa vendida pelas empresas participantes da pesquisa.

ANEXO 9 – PRODUÇÃO DE CAVACO NAS INDÚSTRIAS PESQUISADAS

Especificação	Grandeza	Unidade de medida
Número de indústrias geradoras de cavaco	30	unidades
Quantidade mensal produzida	19.616	toneladas
Consumo próprio	8.153	toneladas
Destinado ao mercado	11.463	toneladas
Preço médio (média ponderada)	58,05	R\$/tonelada

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 10 – VALOR DO FRETE PARA TRANSPORTE DO CAVACO

Elemento	Descrição	Projeto				Unid.
		A1	A2	B1	B2	
Combustível	Consumo específico de combustível	2,55	2,55	2,55	2,55	t/MWh
	Consumo de combustível	5,73	6,37	1,91	2,55	t/h
	Combustível por mês	4.126,87	4.585,42	1.375,62	1.834,17	t/mês
Frete	Distância média	5	5	5	5	km
	Número de eixos do caminhão	3	3	3	3	n
	Capacidade de carga do caminhão	15	15	15	15	t
	Número de fretes por mês	275,1	305,7	91,7	122,3	n
	Preço unitário do frete	32,85	32,85	32,85	32,85	R\$
	Gasto mensal com frete	9.037,85	10.042,06	3.012,61	4.016,83	R\$/mês

Fonte: O autor (2019)

ANEXO 11 – PROCEDIMENTOS DE ESTIMATIVA DE ENTRADA DE CAIXA

Simplificação de cálculo	Elemento	Descrição/detalhamento de cálculo
[1]	Projeto	A ou B
[2]	Cód. da Empresa	As empresas foram tratadas por códigos para manutenção do sigilo da informação
[3]	Horário de Consumo (*)	Ponta ou Fora da Ponta
[4]	Média de 12 meses de consumo de energia elétrica (kWh)	Média do Consumo de energia elétrica de cada uma das indústrias em kWh
[5]	Grupo de tensão	A ou B
[6]	Custo de Disponibilidade (R\$) (**)	Aplicável às indústrias conectadas em baixa tensão (Grupo B)
[7]	Tarifa com Tributos (R\$)	Tarifa com ICMS, PIS e COFINS
[8 = 4x7]	Valor Total do Consumo de energia elétrica com Tributos (R\$)	Produto entre a média de 12 meses de consumo de energia elétrica (kWh) com a tarifa com tributos (R\$)
[9]	ICMS (R\$)(***)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) com a alíquota de ICMS (29% no Paraná)
[10]	PIS (R\$)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) com a alíquota de PIS (varia entre 0,7622% e 0,8594% conforme o caso)
[11]	COFINS (R\$)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) com a alíquota de COFINS (varia entre 3,5107% e 3,9583% conforme o caso)
[12 = 6+9]	Novo valor Total do Consumo com GD (R\$)	Somatório do custo de disponibilidade com o valor do ICMS
[13 = 8-12]	Desoneração da fatura de energia elétrica (R\$)	Diferença entre o valor total do consumo de energia elétrica com tributos (R\$) e o novo valor total do consumo com GD (R\$)

Fonte: O autor (2019)

Nota: (*) O horário de ponta refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora – no caso da Concessionária Energisa é das 18hs as 21hs – considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais. O horário fora da ponta é o remanescente.

(**) Indústrias enquadradas, junto à distribuidora, no grupo A (alta tensão) têm em suas faturas a continuidade da cobrança de valor referente à demanda contratada (em kW). Já as indústrias do grupo B (baixa tensão), arcam com um novo custo (de disponibilidade). (***) O ICMS, por se tratar de um tributo estadual, e sua isenção ainda não abarcar a geração compartilhada de energia, seu custo permanece na fatura de energia elétrica das empresas participantes dos projetos, mesmo após a participação na GD.

ANEXO 12 – EMPRESAS QUE ARCAM COM CUSTO DE DISPONIBILIDADE

Projeto	Cód. da Empresa	Grupo	Tipo de ligação	Custo de disponibilidade (em kWh/mês)	Custo de disponibilidade (em R\$/mês)
A	15	A	trifásico	-	0
	18	A	trifásico	-	0
	29	A	trifásico	-	0
	30	A	trifásico	-	0
	32	A	trifásico	-	0
B	1	B	trifásico	100	75,37
	2	A	trifásico	-	0
	3	A	trifásico	-	0
	9	B	trifásico	100	74,76
	10	A	trifásico	-	0
	13	A	trifásico	-	0
	14	B	trifásico	100	75,37
	17	A	trifásico	-	0
	25	B	trifásico	100	74,76
	26	A	trifásico	-	0
	31	B	trifásico	300 (*)	224,27
	15	A	trifásico	-	0
	18	A	trifásico	-	0
	32	A	trifásico	-	0

Fonte: O autor (2019).

Nota: (*) A empresa 31 apresentou faturas de energia elétrica referente a três unidades consumidoras, tendo por tanto três vezes o custo de disponibilidade.

ANEXO 13 – ESTIMATIVA DE ENTRADA DE CAIXA POR PROJETO

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8=4x7]	[9]	[10]	[11]	[12=6+9]	[13=8-12]
A	15	Ponta	34,0	A	0	2,09418	71,20	20,65	0,54	2,50	20,65	50,55
	18		478,1	A	0	2,09418	1001,19	290,35	7,63	35,15	290,35	710,85
	29		24795,5	A	0	2,09418	51926,24	15058,61	395,78	1822,97	15058,61	36867,63
	30		69518,4	A	0	2,09418	145584,08	42219,38	1109,64	5111,02	42219,38	103364,70
	32		9399,9	A	0	2,09418	19685,12	5708,68	150,04	691,09	5708,68	13976,43
	15	Fora da Ponta	4638,0	A	0	0,46709	2166,36	628,25	16,51	76,05	628,25	1538,12
	18		29049,3	A	0	0,46709	13568,61	3934,90	103,42	476,35	3934,90	9633,72
	29		276432,8	A	0	0,46709	129118,97	37444,50	984,14	4532,98	37444,50	91674,47
	30		775450,6	A	0	0,46709	362205,21	105039,51	2760,73	12715,94	105039,51	257165,70
	32		102573,8	A	0	0,46709	47911,17	13894,24	365,18	1682,02	13894,24	34016,93
B	1	Ponta	0,0	B	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2		158,9	A	0	2,09418	332,80	96,51	2,54	11,68	96,51	236,29
	3		290,9	A	0	2,09418	609,23	176,68	4,64	21,39	176,68	432,55
	9		0,0	B	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	10		1314,8	A	0	2,09418	2753,50	798,51	20,99	96,67	798,51	1954,98
	13		0,0	A	0	2,09418	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	14		0,0	B	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	17		6629,3	A	0	2,09418	13883,02	4026,08	105,82	487,39	4026,08	9856,94
	25		0,0	B	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	26		1272,3	A	0	2,09418	2664,50	772,70	20,31	93,54	772,70	1891,79
	31		0,0	B	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15		34,0	A	0	2,09418	71,20	20,65	0,54	2,50	20,65	50,55
	18		478,1	A	0	2,09418	1001,19	290,35	7,63	35,15	290,35	710,85
	32		9399,9	A	0	2,09418	19685,12	5708,68	150,04	691,09	5708,68	13976,43
	1	Fora da Ponta	256,8	B	75,37	0,75372	193,52	56,12	1,66	7,66	131,49	62,03
	2		14925,1	A	0	0,46709	6971,36	2021,69	53,14	244,74	2021,69	4949,66
	3		20433,8	A	0	0,46709	9544,44	2767,89	72,75	335,08	2767,89	6776,55
	9		5402,7	B	74,76	0,74758	4038,93	1171,29	30,78	141,79	1246,05	2792,88
	10		49203,3	A	0	0,46709	22982,38	6664,89	175,17	806,84	6664,89	16317,49
	13		3977,0	A	0	0,46709	1857,62	538,71	14,16	65,22	538,71	1318,91
	14		4369,9	B	75,37	0,75372	3293,69	955,17	28,31	130,37	1030,54	2263,15
	17		101979,3	A	0	0,46709	47633,53	13813,72	363,06	1672,27	13813,72	33819,80
	25		682,3	B	74,76	0,74758	510,04	147,91	3,89	17,91	222,67	287,37
	26		49881,5	A	0	0,46709	23299,15	6756,75	177,59	817,96	6756,75	16542,40
	31		5661,3	B	224,27	0,74758	4232,24	1227,35	32,26	148,58	1451,62	2780,61
	15		4638,0	A	0	0,46709	2166,36	628,25	16,51	76,05	628,25	1538,12
	18		29049,3	A	0	0,46709	13568,61	3934,90	103,42	476,35	3934,90	9633,72
	32		102573,8	A	0	0,46709	47911,17	13894,24	365,18	1682,02	13894,24	34016,93

Fonte: O autor (2019).

Nota: [1] Projeto; [2] Código da Empresa; [3] Horário de Consumo; [4] Média de 12 meses de consumo de EE (kWh); [5] Grupo; [6] Custo de Disponibilidade (R\$); [7] Tarifa com Tributos (R\$); [8] Valor Total do Consumo de energia elétrica com tributos (R\$); [9] ICMS (R\$); [10] PIS (R\$); [11] COFINS (R\$); [12] Novo Valor Total do Consumo com GD (R\$); [13] Redução de gasto na Fatura Mensal (R\$).

ANEXO 14 – COMPOSIÇÃO DO FLUXO DE CAIXA

Fluxo	Item	Descrição	Ano da ocorrência
Entrada	Desoneração da fatura de energia elétrica das indústrias consorciadas, a partir da inserção na GD	Fatura de energia elétrica de cada indústria participante do projeto	1-25
	Valor residual de 2% para os investimentos e reinvestimentos aproveitados até o final de sua vida útil	Barracão pré-fabricado	25
		Mesa e cadeira de escritório,	10, 20
		Microcomputador	5, 10, 15, 20, 25
		Conjunto de equipamentos para recebimento de biomassa e equipamentos componentes de sistema de geração de energia elétrica por ciclo térmico rankine.	10, 20
	Valor residual para reinvestimentos que se encerram antes do findar da vida útil, calculado deduzindo-se a depreciação do valor do reinvestimento	Mesa e cadeira de escritório	25
		Conjunto de equipamentos para recebimento da biomassa e equipamentos componentes de sistema de geração de energia elétrica por ciclo térmico rankine.	25
Saída	Investimento	Barracão pré-fabricado, mesa e cadeira de escritório, microcomputador, conjunto de equipamentos para recebimento da biomassa (minicarregadeira, moega de recebimento com fundo móvel, transportador de calha, painel eletrônico para acionamento e comando), componentes de sistema de geração de energia elétrica por ciclo térmico rankine.	0
	Reinvestimento	Mesa e cadeira de escritório	10, 20
		Microcomputador	5, 10, 15, 20
		Conjunto de equipamentos para recebimento da biomassa e equipamentos componentes de sistema de geração de energia elétrica por ciclo térmico rankine.	10, 20
	Imposto	IPTU (sobre barracão pré-moldado)	1-25
	Custo de geração: operação	Custo do trabalho mensal (x 12)	1-25
	Custo geração: manutenção (1% a.a.) sobre valor do investimento e reinvestimento)	Custo manutenção	1-25
	Custo de Oportunidade	Arrendamento de área de 2.000m ² (aluguel da terra)	1-25
		Biomassa da Indústria (coproduto-cavaco)	1-25
	Transporte	Transporte do coproduto (cavaco)	1-25
	Custo de Transação	Custo (de 0,25% a.a.) sobre valor do projeto (contrato)	1-25
Fluxo de Caixa Projetado	Diferença entre as entradas e saídas	Entrada (-) saída	0-25

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 15 – MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,00	0,61	-0,04	-0,04	-0,12	0,42	0,31	0,36	0,38	-0,17	0,32	0,16	0,21
2	0,61	1,00	0,13	0,01	-0,17	0,26	0,30	0,50	0,24	0,04	0,31	0,09	0,25
3	-0,04	0,13	1,00	0,58	0,43	0,37	0,41	0,22	0,31	0,55	0,16	0,30	0,34
4	-0,04	0,01	0,58	1,00	0,30	0,38	0,50	-0,13	0,11	0,43	0,10	0,23	0,22
5	-0,12	-0,17	0,43	0,30	1,00	0,36	0,28	-0,15	-0,19	0,41	-0,10	0,25	0,11
6	0,42	0,26	0,37	0,38	0,36	1,00	0,77	0,33	0,20	0,22	0,38	0,31	0,25
7	0,31	0,30	0,41	0,50	0,28	0,77	1,00	0,20	0,37	0,19	0,39	0,20	0,29
8	0,36	0,50	0,22	-0,13	-0,15	0,33	0,20	1,00	0,21	-0,07	0,45	0,26	0,30
9	0,38	0,24	0,31	0,11	-0,19	0,20	0,37	0,21	1,00	0,03	0,68	0,43	0,40
10	-0,17	0,04	0,55	0,43	0,41	0,22	0,19	-0,07	0,03	1,00	0,18	0,41	0,42
11	0,32	0,31	0,16	0,10	-0,10	0,38	0,39	0,45	0,68	0,18	1,00	0,66	0,61
12	0,16	0,09	0,30	0,23	0,25	0,31	0,20	0,26	0,43	0,41	0,66	1,00	0,67
13	0,21	0,25	0,34	0,22	0,11	0,25	0,29	0,30	0,40	0,42	0,61	0,67	1,00

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 16 – ADEQUAÇÃO DO USO DA ANÁLISE FATORIAL

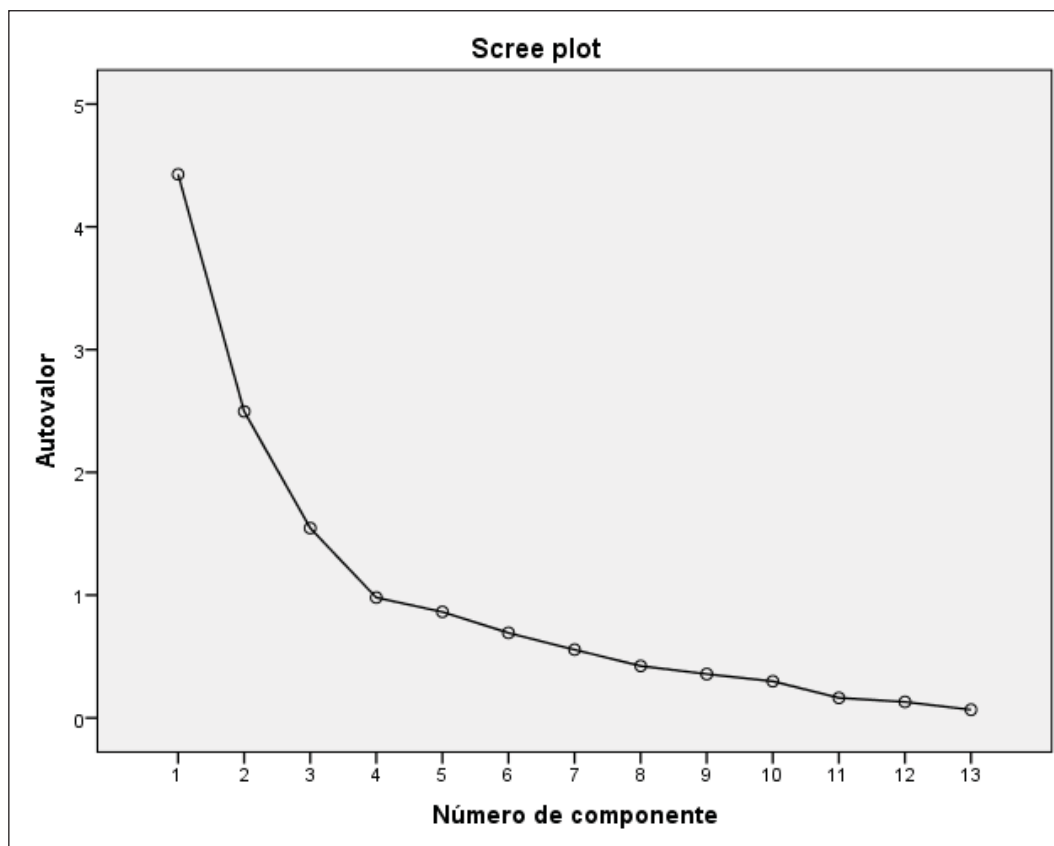
Tipo de teste	Grandeza
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem	0,559
Teste de esfericidade de Bartlett (Sig.)	0,000

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 17 – MATRIZ DE VARIÂNCIA TOTAL EXPLICADA

Componente	Valores próprios iniciais		
	Total	% de variância	% cumulativa
1	4,427	34,053	34,053
2	2,496	19,204	53,257
3	1,546	11,891	65,148
4	0,980	7,538	72,686
5	0,864	6,643	79,329
6	0,693	5,329	84,658
7	0,556	4,276	88,934
8	0,423	3,256	92,190
9	0,357	2,746	94,936
10	0,298	2,295	97,231
11	0,163	1,254	98,485
12	0,130	1,002	99,487
13	0,067	0,513	100,000

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 18 – SCREE PLOT

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 19 – MATRIZ DOS COMPONENTES APÓS ROTAÇÃO

Variáveis (questionário)	Componente		
	1	2	3
4	0,764		
5	0,733		
3	0,732		
7	0,641		0,574
6	0,628		0,600
10	0,623		
12		0,834	
11		0,812	
13		0,804	
9		0,639	
1			0,810
2			0,739
8			0,602

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 20 – GASTO MÉDIO MENSAL COM ENERGIA ELÉTRICA DAS EMPRESAS PARTICIPANTES DOS PROJETOS

Projeto	Horário de Consumo	Cód. da Empresa	Média de 12 meses de consumo de energia elétrica (kWh)	Tarifa com tributos (R\$)	Valor Consumo médio mensal de energia elétrica com tributos (R\$)
A	Ponta	15	34	2,094180	71,20
		18	478	2,094180	1.001,19
		29	24.796	2,094180	51.926,24
		30	69.518	2,094180	145.584,08
		32	9.400	2,094180	19.685,12
	Fora da Ponta	15	4.638	0,467090	2.166,36
		18	29.049	0,467090	13.568,61
		29	276.433	0,467090	129.118,97
		30	775.451	0,467090	362.205,21
		32	102.574	0,467090	47.911,17
B	Ponta	1	0	0,000000	0,00
		2	159	2,094180	332,80
		3	291	2,094180	609,23
		9	0	0,000000	0,00
		10	1.315	2,094180	2.753,50
		13	0	2,094180	0,00
		14	0	0,000000	0,00
		17	6.629	2,094180	13.883,02
		25	0	0,000000	0,00
		26	1.272	2,094180	2.664,50
		31	0	0,000000	0,00
		15	34	2,094180	71,20
		18	478	2,094180	1.001,19
		32	9.400	2,094180	19.685,12
	Fora da Ponta	1	257	0,753720	193,52
		2	14.925	0,467090	6.971,36
		3	20.434	0,467090	9.544,44
		9	5.403	0,747580	4.038,93
		10	49.203	0,467090	22.982,38
		13	3.977	0,467090	1.857,62
		14	4.370	0,753720	3.293,69
		17	101.979	0,467090	47.633,53
		25	682	0,747580	510,04
		26	49.882	0,467090	23.299,15
		31	5.661	0,747580	4.232,24
		15	4.638	0,467090	2.166,36
		18	29.049	0,467090	13.568,61
		32	102.574	0,467090	47.911,17

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 21 – FLUXO DE CAIXA PROJETO A1 (2,25MW)

Período (anos)	Entrada de Caixa		Saída de Caixa							
	Desoneração da compra de Energia Elétrica junto à distribuidora	Valor residual de (re) investimentos	(Re) investimento	IPTU	Custo operacional	Custo manutenção	Custo de oportunidade- arrendamento	Custo de oportunidade -cavaco	Transporte- cavaco	Custo de transação
0	0	0	(10.002.603)	0	0	0	0	0	0	0
1	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
2	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
3	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
4	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
5	6.587.989	40	(1.989)	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
6	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
7	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
8	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
9	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
10	6.587.989	185.811	(9.290.563)	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
11	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
12	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
13	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
14	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
15	6.587.989	40	(1.989)	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
16	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
17	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
18	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
19	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
20	6.587.989	185.811	(9.290.563)	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
21	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
22	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
23	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
24	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)
25	6.587.989	4.658.568	0	(3.124)	(337.509)	(100.026)	(30.000)	(2.874.780)	(108.454)	(8.002)

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 22 – FLUXO DE CAIXA PROJETO A2 (2,50MW)

Período (anos)	Entrada de Caixa		Saída de Caixa							
	Desoneração da compra de Energia Elétrica junto à distribuidora	Valor residual de (re) investimentos	(Re) investimento	IPTU	Custo operacional	Custo manutenção	Custo de oportunidade- arrendamento	Custo de oportunidade- cavaco	Transporte- cavaco	Custo de transação
0	0	0	(10.752.603)	0	0	0	0	0	0	0
1	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
2	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
3	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
4	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
5	6.587.989	40	(1.989)	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
6	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
7	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
8	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
9	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
10	6.587.989	200.811	(10.040.563)	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
11	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
12	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
13	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
14	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
15	6.587.989	40	(1.989)	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
16	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
17	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
18	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
19	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
20	6.587.989	200.811	(10.040.563)	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
21	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
22	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
23	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
24	6.587.989	0	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)
25	6.587.989	5.033.568	0	(3.124)	(337.509)	(107.526)	(30.000)	(3.194.200)	(120.505)	(8.602)

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 23 – FLUXO DE CAIXA PROJETO B1 (0,75MW)

Período (anos)	Entrada de Caixa		Saída de Caixa							
	Desoneração da compra de Energia Elétrica junto à distribuidora	Valor residual de (re) investimentos	(Re) investimento	IPTU	Custo operacional	Custo manutenção	Custo de oportunidade- arrendamento	Custo de oportunidade -cavaco	Transporte- cavaco	Custo de transação
0	0	0	(6.152.603)	0	0	0	0	0	0	0
1	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
2	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
3	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
4	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
5	1.946.520	40	(1.989)	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
6	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
7	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
8	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
9	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
10	1.946.520	108.811	(5.440.563)	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
11	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
12	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
13	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
14	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
15	1.946.520	40	(1.989)	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
16	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
17	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
18	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
19	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
20	1.946.520	108.811	(5.440.563)	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
21	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
22	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
23	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
24	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)
25	1.946.520	2.733.568	0	(3.124)	(284.837)	(61.526)	(30.000)	(959.218)	(36.151)	(4.922)

Fonte: O autor (2019).

ANEXO 24 – FLUXO DE CAIXA PROJETO B2 (1MW)

Período (anos)	Entrada de Caixa		Saída de Caixa							
	Desoneração da compra de Energia Elétrica junto à distribuidora	Valor residual de (re) investimentos	(Re) investimento	IPTU	Custo operacional	Custo manutenção	Custo de oportunidade- arrendamento	Custo de oportunidade- cavaco	Transporte- cavaco	Custo de transação
0	0	0	(6.652.603)	0	0	0	0	0	0	0
1	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
2	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
3	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
4	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
5	1.946.520	40	(1.989)	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
6	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
7	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
8	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
9	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
10	1.946.520	118.811	(5.940.563)	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
11	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
12	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
13	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
14	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
15	1.946.520	40	(1.989)	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
16	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
17	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
18	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
19	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
20	1.946.520	118.811	(5.940.563)	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
21	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
22	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
23	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
24	1.946.520	0	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)
25	1.946.520	2.983.568	0	(3.124)	(284.837)	(66.526)	(30.000)	(1.278.958)	(48.201)	(5.322)

Fonte: O autor (2019).